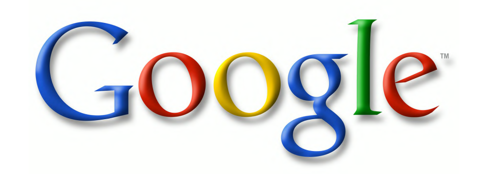


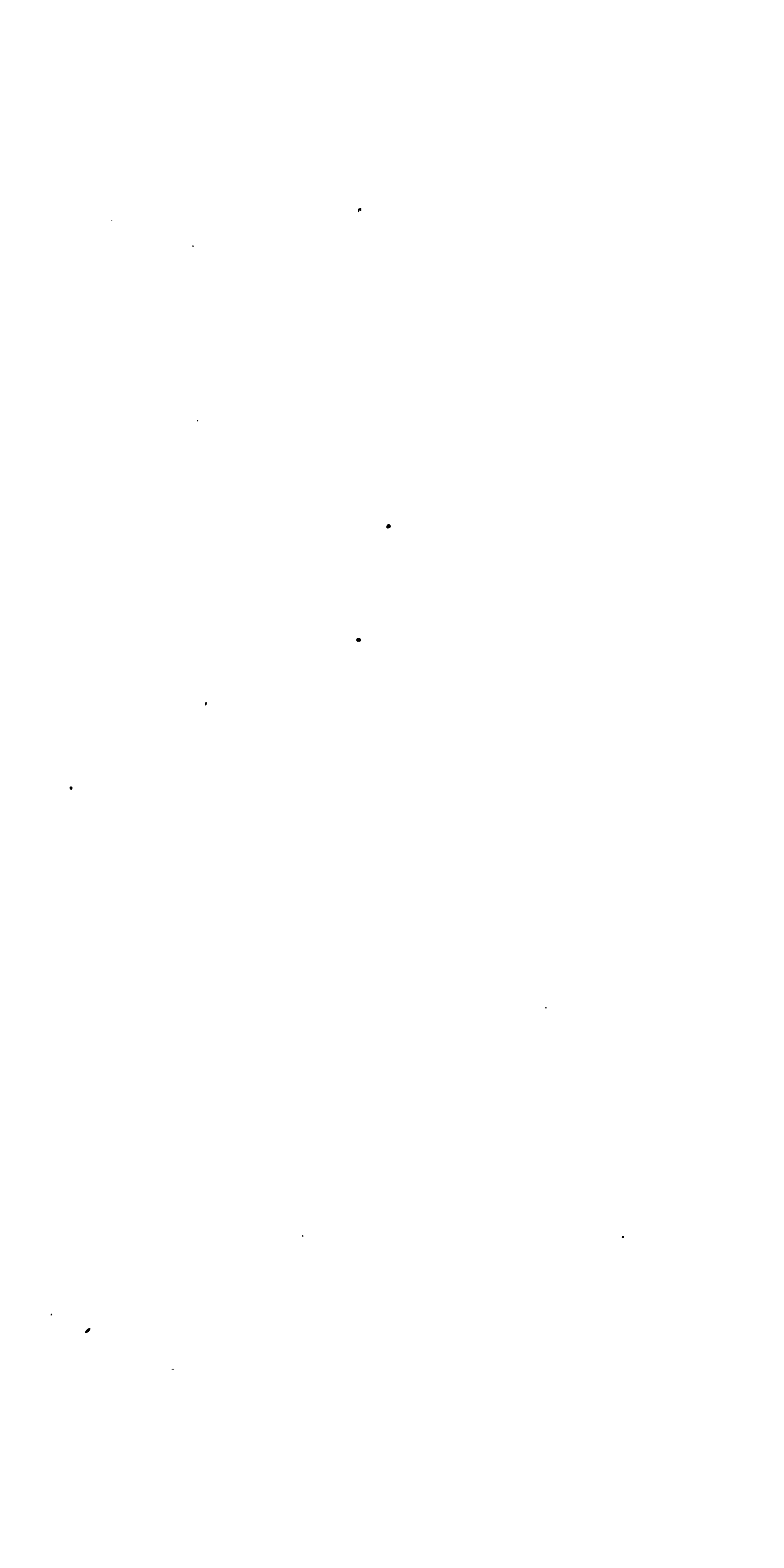


















Handbuch

der

Wasserbaukunst

von

G. Hagen.

Dritter Theil:

Das Meer.

Erster Band mit 9 Kupfertafeln.

Berlin 1863.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Vorwort.

Als ich im zweiten Theile des Handbuches der Wasserbaukunst das Erscheinen dieses dritten Theiles in nahe Aussicht stellte, und zugleich einen sehr mäſsigen Umfang desselben bezeichnete, war es meine Absicht, mich auf die Beschreibung der an der Preuſsischen Ostsee-Küste üblichen Anlagen zu beschränken, wie ich solche als Hafen-Bauinspector groſsentheils selbst ausgeführt hatte.

Bei Bearbeitung des zu diesem Zwecke gesammelten Materials trat jedoch zunächst das Bedenken auf, daſs der stets wachsende Verkehr in unsern Seehäfen vielfache und begründete Anforderungen hervorgerufen hat, die sich daselbst früher nicht geltend machten. Wiederholte Reisen nach England, Frankreich und den Niederlanden lieſsen mich zugleich bemerken, daſs zwischen den Häfen an der Ostsee und denen an gröſseren Meeren nicht so wesentliche Unterschiede bestehn, daſs die bei den letztern gemachten Erfahrungen für uns ganz bedeutungslos bleiben dürften. Hierzu kam noch, daſs ich in neuerer Zeit sowol dienstlich, als auch in Folge anderweiter Aufforderungen mit Hafen-Anlagen an der Ostsee und Nordsee beschäftigt, und dadurch veranlaſst wurde, in die verschiedenen Einzelheiten des Gegenstandes wiederholentlich einzugehn.

In gleichem Maaſse, wie das Material sich vermehrte und an Bedeutung gewann, überzeugte ich mich auch, daſs dasselbe in den hydrotechnischen Schriften bisher nur sehr unvollstän-

dig behandelt ist, woher es sich erklärt, daſs man in keinem andern Theile der Wasserbaukunst so abweichenden und unklaren Auffassungen begegnet, als im Hafenbau. Das Werk von Minard ist das einzige, worin der Gegenstand systematisch und umfassend vorgetragen wird, aber auch dieses läſst viele Lücken, und selbst die wichtigsten Punkte sind darin nicht so vollständig entwickelt, daſs der Zusammenhang der Erscheinungen klar wird.

Bei der Beweglichkeit der groſsen Wassermasse des Meeres veranlassen die verschiedenen darauf einwirkenden Kräfte, die zum Theil so geringe sind, daſs sie jeder sonstigen Wahrnehmung sich entziehn, die überraschendsten Wirkungen. Letzteren zu begegnen, oder sie zu benutzen, ist die Aufgabe, die bei See- und Hafenbauten sich immer wiederholt, die aber nicht mit Sicherheit zu lösen ist, so lange die dabei eintretenden Bewegungen unbekannt sind. Eine ausführliche Behandlung derselben, so wie auch ihrer Wirkungen, war daher dringend geboten. Durch Beobachtungen im Groſsen, wie durch Versuche im Kleinen, habe ich mich bemüht, in allgemeinen Umrissen den Zusammenhang der Wellenbewegung und der durch sie veranlaſsten Erscheinungen mit den bekannten Naturgesetzen nachzuweisen.

Durch Vorstehendes hoffe ich sowol die Verzögerung der Herausgabe dieses dritten Theiles entschuldigt, als auch den gröſsern Umfang desselben gerechtfertigt zu haben. Er wird vier Bände von der Stärke des vorliegenden umfassen, und diese sollen in der kürzesten Frist einander folgen.

Gewiſs wird mancher Baumeister beim Durchblättern dieses Bandes es nicht billigen, daſs ich heutiges Tages noch auf theoretische Entwickelungen zurückgehe, und sogar den bekannten alten Theorieen noch neue hinzuzufügen versuche. Ich kann zwar die Zusage machen, daſs dieser Vorwurf die folgenden Bände viel weniger treffen wird, als diesen ersten, das Bedenken ist jedoch so wichtig, daſs es eine eingehende Erörterung fordert.

Der Gegensatz zwischen Theorie und Praxis tritt gegenwärtig in der Wasserbaukunst zum grofsen Nachtheil der Wissenschaft und Technik viel schärfer hervor, als er jemals war, und das Mifstrauen, womit man heutiges Tages jede theoretische Untersuchung auf diesem Gebiete aufnimmt, ist allerdings in Betreff der üblichen Theorieen nicht ungegründet, es wird aber gewöhnlich mehr durch persönliche, als durch sachliche Rücksichten erweckt und genährt. Wenn der Oekonom, der Arzt oder der Fabrikant wichtige und einflufsreiche Erscheinungen durch Versuche und Nachdenken aufzuklären sich bemüht, so findet ein solches Streben allgemeine Anerkennung. Im Wasserbau ist es anders! Als ich mit der Theorie der Wellen mich beschäftigte, deren mächtige und räthselhafte Wirkungen den Hafenbaumeister fortwährend in Anspruch nehmen, bin ich sehr ernsthaft gefragt worden, ob ich wirklich glaube, dafs solche Speculation zu einem practischen Resultate führen könne.

Seit dem ersten Auftreten der Theorie im Wasserbau ist dieselbe gewifs immer von Einzelnen zurückgewiesen und verdächtigt worden. Diese Mifsachtung ist eine chronische Krankheit, die niemals vollständig aufhören wird, die aber unter gewissen äufsern Einflüssen leicht einen epidemischen Charakter annimmt. Dieses ist gegenwärtig der Fall, und man mufs daher durch unbefangene Darlegung des Sachverhältnisses ihr entgegen treten.

Es ist an sich klar, dafs der angehende Wasserbaumeister die Befähigung zu seinen verschiedenen dienstlichen Verrichtungen durch theoretische Studien allein nicht erwerben kann. Selbst Vorträge und technische Schriften genügen hierzu nicht, er mufs vielmehr durch eigne Anschauung und Uebung sich für seinen Dienst ausbilden. Schon zur Beurtheilung des Materials und der Arbeit ist dieses nothwendig, eben so auch zur richtigen Anstellung der Arbeiter, damit jeder derselben anhaltend und zwar seiner Geschicklichkeit und physischen Kraft entsprechend beschäftigt und weder durch Andere, noch

durch Mangel an Material oder durch unpassende Aufstellung desselben behindert wird. Er muſs ferner gewohnt sein, die Leute angemessen zu behandeln, die Aufsicht zweckmäſsig einzurichten und Alles selbst zu controliren. Er muſs Uebung in der Rechnungs- und Geschäftsführung, so wie auch im Zeichnen u. d. g. besitzen. Dieses Alles mit Einschluſs der Fertigkeit im Projectiren und Veranschlagen gewöhnlicher Wasserbauwerke läſst sich ohne theoretische Vorbildung erlernen, und wer hierin Uebung und Geschicklichkeit besitzt, ist im eigentlichen Sinne des Wortes ein practischer Wasserbaumeister.

Ein solcher ist für den gewöhnlichen Dienst sehr brauchbar, aber die Ausbildung in diesem Sinne wird durch wissenschaftliche oder theoretische Studien keineswegs behindert, vielmehr in vielfacher Beziehung wesentlich erleichtert. Die Möglichkeit einer Verbindung der Theorie mit der Praxis stellt indessen der moderne Practiker entschieden in Abrede. Er theilt die Baumeister in practische und theoretische ein, und je mehr er sich vor dem Verdachte sicher weiſs, zu den Letzteren zu gehören, eine um so höhere Stelle nimmt er unter den Ersteren in Anspruch. Er thut dieses auch in dem Falle, wenn er jene practischen Geschicklichkeiten gar nicht, oder nur in sehr geringem Maaſse besitzt.

Mir sind Bauausführungen bekannt geworden, durch welche eine ununterbrochene Kette von Versäumnissen, Miſsgriffen und Verlegenheiten sich hindurchzog. Indem die localen Preise und sonstigen Verhältnisse nicht untersucht waren, so machten Lieferanten und Bauunternehmer glänzende Geschäfte. Wenn Material auf der Baustelle war, so fehlte es an Arbeitern, und wenn diese sich endlich zahlreich eingefunden hatten, so muſsten sie wieder entlassen werden, weil das Material inzwischen verbraucht war. Einzelne bereits ausgeführte Theile erwiesen sich sogleich als verfehlt, und wurden deshalb beseitigt, während andere schon vor Beendigung des Baues einstürzten. Dieses war aber ein günstiges

Ereignifs, weil es Gelegenheit gab, die ganze Anlage überhaupt nutzbar zu machen. Indem später noch verschiedene Aenderungen und Verbesserungen hinzukamen, so entstanden in solcher Weise schliefslich Bauwerke, die, wenn auch mit wesentlichen Mängeln behaftet, dennoch für den Verkehr von grofsem und zuweilen von unschätzbarem Werthe geworden sind. Unerachtet aller Unfälle und der dadurch veranlafsten Mehrkosten und Verzögerungen, worüber vielfach laute Klage geführt ist, blieben die Baumeister dennoch sowol nach ihrem eignen, als nach dem allgemeinen Urtheile, sehr practische Männer.

Fragt man, wodurch sie in solchen Fällen ihre practische Befähigung bewiesen, so mufs zunächst hervorgehoben werden, dafs sie jedesmal von dem Verdachte frei geblieben sind, Theoretiker zu sein. Ihr vermeintlicher practischer Sinn hatte sie der Mühe überhoben, bei Aufstellung der Entwürfe die Verhältnisse näher zu prüfen und den ganzen Fortgang des Baues vorher in Erwägung zu ziehn, durch Unbefangenheit und schnellen Entschlufs in jeder Verlegenheit sicherten sie sich aber das früher in sie gesetzte Vertrauen. „Wenn Ihr Euch nur selbst vertraut, so traun Euch auch die andern Seelen“ sagt Göthe sehr treffend. Der practische Sinn verbietet jedoch, in dieser Beziehung gewisse Grenzen zu überschreiten. Gleichgestellten und Untergebenen gegenüber folgt der Practiker seiner eigenen Auffassung und duldet keinen Widerspruch, dagegen theilt er stets die Ansichten, die in höheren Kreisen sich bereits gebildet haben.

Unbedingt mufs er jede fremde und eingehende Beurtheilung von sich fern halten, und dieses gelingt ihm, wenn er dem Gegensatze zwischen Theorie und Praxis in voller Schroffheit Geltung verschafft: wer sich mit Theorie beschäftigt hat, ist für die Praxis unbrauchbar!

Unglücklicher Weise sind die Theoretiker sehr selten, namentlich im Wasserbau. Um daher ein abschreckendes Bild von ihnen zu entwerfen, mufs der Practiker seine Phan-

tasie zu Hülfe nehmen, und hierdurch erklärt es sich, dafs abgesehn von recht langen analytischen Formeln, die immer als Embleme der Theorie gedacht werden, der fingirte Theoretiker eine unverkennbare Aehnlichkeit mit solchem Practiker selbst hat. Dieser wie jener folgt seinen Ideen, ohne auf Erfahrungen Rücksicht zu nehmen. Schon vor hundert Jahren nannte Antonio Lecchi *) diese practische Auffassung der mathematischen Studien: „ein altes abgeschmacktes Lied, das immer von Neuem abgesungen wird, so oft Unwissenheit, Eigennutz, Selbstsucht und Parteiung zusammentreffen.“

In gewöhnlichen Fällen ist, wie bereits erwähnt, die Theorie meist entbehrlich. Selbst bei neuen Anlagen pflegt es nicht an gewissen, bereits vorhandenen Bauwerken zu fehlen, aus deren Verhalten man mit einiger Sicherheit auf die zu wählende Anordnung und auf die passenden Dimensionen des beabsichtigten Baues schliefsen kann. Häufig genügen indessen solche Analogieen nicht, und man mufs auf sonstige Erfahrungen und auf allgemeine Grundsätze zurückgehn. Um diese gehörig zu berücksichtigen und darnach die richtige Wahl zu treffen, ist ein einfaches Räsonnement gemeinhin wieder nicht ausreichend, und es bleibt alsdann nur übrig, die kräftige Hülfe der Theorie in Anspruch zu nehmen. Je zahlreicher und genauer die ihr zum Grunde gelegten Beobachtungen und Erfahrungen sind, und je verständiger dieselben benutzt werden, um so sicherer ist auch das daraus hergeleitete Resultat, oder um so zweckmäfsiger wird das darauf beruhende Bauproject sein.

Der Practiker, der auch in solchem Falle mit gewohnter Leichtigkeit sich bewegt, vermeidet diesen Umweg und schnell entschlossen verfolgt er irgend eine Idee, die sich ihm darbietet, die er aber sogleich als die allein zulässige anerkennt und eifrig vertheidigt. Mancher Strom ist eine Reihe von

*) In der Vorrede zum *Piano della separazione de' tre torrenti etc. Raccolta d'autori che trattano del moto dell' acque. Tomo VIII. Firenze* 1770. *Pag.* 287.

Generationen hindurch immer practisch, aber beim jedesmaligen Wechsel des leitenden Baumeisters auch immer anders behandelt, und ohnerachtet aller darauf verwendeten Kosten doch nicht so weit verbessert worden, dafs die Arbeiten des Vorgängers jemals als erfolgreich angesehn wären.

Wenn man dagegen die Bauprojecte auf sorgfältige Erwägung der bisherigen Erfahrungen gründet, so werden freilich beim Hinzutreten neuer Thatsachen die Ansichten sich nach und nach berichtigen, unmöglich können sie aber so wesentlich von einander abweichen, wie die practischen Auffassungen. Aufserdem läfst auch die unbefangene und methodische Untersuchung, die von genauen Beobachtungen ausgeht, das erreichbare Ziel richtiger erkennen und führt sicherer zu demselben, als wenn man nur von flüchtigen Auffassungen sich leiten läfst. Solche methodische Untersuchung ist aber nichts Anderes, als die Theorie in der wahren Bedeutung des Wortes.

Diese Theorie ist ganz verschieden von derjenigen, die im Wasserbau gilt. Ein beklagenswerthes Mifsgeschick waltet über der letzteren. Reinhard Woltman erwarb sich am Schlusse des vorigen Jahrhunderts die wesentlichsten Verdienste um sie, indem er theils aus Dubuat's Beobachtungen brauchbare Resultate ableitete, theils auch verschiedene Untersuchungen selbst ausführte und mit eignen Erfahrungen und Messungen verglich. Seine Arbeiten zeichnen sich besonders durch den wissenschaftlichen Sinn aus, der darin überall hervortritt. Mit der gröfsten Gewissenhaftigkeit prüfte er jedes Resultat, zu dem er gelangte, und verschwieg niemals einen Zweifel, der ihm noch blieb. Alles was er gab, stellte er nur als erste Annäherung an die Wahrheit dar, und eröffnete hierdurch ein weites Feld der spätern Forschung.

Diese Aussicht auf eine gedeihliche Förderung der Wissenschaft wurde indessen unmittelbar darauf wieder vernichtet. Die von Woltman aufgestellten noch sehr unsichern Gesetze wurden mit manchen, nicht glücklichen, Abänderungen zu

absoluten Wahrheiten gestempelt, und dadurch jedem weitern Fortschritt Schranken gesetzt.

Gewifs war es ein sehr anerkennungswerthes Unternehmen, nach dem damaligen Stande der Wissenschaft diejenigen Aufgaben zu behandeln und zusammenzustellen, die der Wasserbaumeister in seinem Dienste am häufigsten zu lösen hat. Auch war es sehr zweckmäfsig, diese Auflösungen in bestimmten Regeln auszudrücken und durch Zahlenbeispiele zu erläutern, so dafs auch derjenige, dem die theoretische Vorbildung ganz abgeht, sich leicht darin finden und darnach rechnen kann. Der früheren Willkür und den damit verbundenen grofsen Mifsgriffen wurde hierdurch vorgebeugt, aber diese Gesetze und Regeln waren noch sehr unsicher, und durften daher nicht als absolut richtig dargestellt werden. Noch nachtheiliger war es, dafs denselben Beweisführungen beigefügt wurden, deren Unhaltbarkeit leicht zu erkennen ist, die der angehende Baumeister jedoch gläubig erlernt. Hierdurch konnte nur, wie auch wirklich geschehn, entweder der Sinn für scharfe und richtige Auffassung der Erscheinungen abgestumpft, oder schon beim ersten Studium ein sehr begründetes Mifstrauen gegen die Theorie überhaupt erweckt werden.

In dem ausgedehnten und ohne Zweifel schwierigen Gebiete der Hydraulik sind seit jener Zeit zwar sehr beachtenswerthe Schritte gethan, indem sowol einzelne Erscheinungen sorgfältig beobachtet, als auch in angemessner Weise daraus Resultate gezogen sind. Solche Bestrebungen konnten indessen im Wasserbau keine Anerkennung finden, weil sie sich an jenes Lehrbuch nicht anschlossen.

Vorzugsweise sind die Erfolge derjenigen baulichen Anlagen noch sehr unsicher, welche die dabei beabsichtigten Zwecke nicht unmittelbar herbeiführen, die vielmehr das Wasser zu gewissen Wirkungen veranlassen sollen. Hierher gehören beispielsweise die Buhnen. Die Erfahrung hat zwar auch bei ihnen zu manchen Regeln geführt, aber zur klaren Ein-

sicht in ihre Wirkungen und dadurch zur Entscheidung über ihre zweckmäſsigste Anordnung ist man noch keineswegs gelangt. Selbst die Frage, unter welchen Verhältnissen das Wasser den Boden angreift, ist bisher nicht genügend beantwortet. Eben so wenig kennt man die Bewegungen, welche diese Werke bei den verschiedenen Wasserständen veranlassen. Aehnlichen Zweifeln begegnet man in allen Einzelheiten, und der Zusammenhang der ganzen complicirten Erscheinung in der Ausbildung eines Strombettes oder eines Ufers ist noch vollständig dunkel. Der gröſste Uebelstand besteht aber darin, daſs dieser Mangel gar nicht erkannt wird, vielmehr die Ansicht verbreitet ist, daſs jene Theorieen schon so vollständig über Alles Aufschluſs geben, wie dieses von Theorieen nur erwartet werden kann.

Solange diese Auffassung gilt, eröffnet sich keine Aussicht auf gedeihliche Förderung der Wissenschaft und Technik. Es ist daher nothwendig, die bestehenden Mängel unumwunden aufzudecken, und zugleich die Wege zu bezeichnen, die in andern empirischen Wissenschaften zu Erfolgen geführt haben. Den angehenden Wasserbaumeistern fehlt es weder an der nöthigen allgemeinen Vorbildung, noch an lebhaftem Interesse für ihr Fach, und wenn der spätere Dienst sie auch oft vollständig in Anspruch nimmt, so werden sie doch, sobald sie die Mängel und die Mittel zu deren Verbesserung kennen, jede Gelegenheit wahrnehmen, um wichtige Erscheinungen wenigstens sicher festzustellen. Vielfach werden sie alsdann aber auch sich bemühn, den Zusammenhang derselben mit andern Erfahrungen und mit den allgemeinen Naturgesetzen aufzuklären. Es kommt sonach zunächst darauf an, daſs sie vor dem blinden Glauben an Autoritäten gewarnt, und daran gewöhnt werden, selbst zu sehn und zu beobachten, und selbst zu urtheilen. Die mathematischen Studien haben keinen andern Zweck, als dieses Urtheil unter complicirten Verhältnissen, die der bloſse Verstand nicht umfassen kann, sicher zu leiten. Für solchen Ge-

brauch dürfen die Lehrsätze aber nicht nur mit ihren Beweisen erlernt, sondern ihre Anwendung mufs auch durch Uebung geläufig geworden sein. Sie sind nichts Andres, als Werkzeuge, die nur brauchbar sind, wenn man sie richtig anzufassen und sicher zu führen versteht.

Der Baumeister mufs ferner darauf hingewiesen werden, dafs die volle Schärfe, welche die abstracte Mathematik charakterisirt, in den Erfahrungs-Wissenschaften aufhört, und dafs nicht nur die constanten Factoren, sondern auch die Gesetze, die man aus den Erscheinungen ableitet, mehr oder weniger unsicher sind. Er mufs daher sich stets Rechenschaft geben, welchen Grad der Wahrscheinlichkeit das Resultat jeder Untersuchung hat. Bei dieser Auffassung des Sachverhältnisses stellt sich die beliebte Redensart, dafs gewisse Ansichten theoretisch richtig, practisch aber falsch sind, als ganz sinnlos heraus. Jede neue Erfahrung schliefst sich entweder den bereits gefundenen Gesetzen an und bestätigt sie, oder sie widerspricht ihnen und zeigt dadurch, dafs jene Gesetze noch der Berichtigung bedürfen.

Die vorstehend angedeutete Ausdehnung der theoretischen Studien wird ohne Zweifel manchen Widerspruch finden, namentlich in sofern man hin und wieder noch an der Ansicht festhält, dafs die verschiedensten Arten der Technik, die das Wort Baukunst umfafst, nicht getrennt werden dürfen, dafs also vom Wasserbaumeister dieselben Kenntnisse und Geschicklichkeiten gefordert werden müssen, wie vom Hochbaumeister. Wenn in diesem Falle sogar noch vorzugsweise auf die künstlerische Richtung Gewicht gelegt wird, so werden natürlich die Anforderungen in Betreff der mathematischen Ausbildung auf das Minimum beschränkt bleiben müssen. Aufserdem wird man den obigen Vorschlägen auch die Erfahrung entgegenstellen, dafs die sehr grofse Mehrzahl der Wasserbaumeister selbst von denjenigen theoretischen Kenntnissen, die sie sich während der Studienzeit angeeignet hatten, niemals Gebrauch macht, und dafs die Wenigen, die hierzu

Neigung und Gelegenheit haben, durch eigne Uebung die Anwendung erlernen. Abgesehn von der Geringfügigkeit der auf diese Weise wirklich erreichten Erfolge, darf man wohl fordern, dafs bei der Ausbildung für den spätern Beruf der Unterricht auf die Benutzung des Erlernten gerichtet, und Jeder in den Stand gesetzt werden mufs, seine Kenntnisse unmittelbar und ohne vorhergehende besondere Uebung zu verwerthen, wie dieses beim Hochbau auch wirklich zu geschehn pflegt. Genügt daher die Studienzeit nicht für die theoretischen Lehrgegenstände in der gewöhnlichen Ausdehnung und zugleich für die nöthige Uebung derselben, so schliefse man sie früher ab, aber sorge dafür, dafs das Erlernte vorkommenden Falls wirklich gebraucht werden kann. Ein Nachtheil ist hierbei nicht zu besorgen, weil für die grofse Mehrzahl der weitere Vortrag doch überflüssig ist, und die Wenigen, die ihn vielleicht vermissen, durch Privatstudien ihn leichter nachholen werden, als jene Uebungen, die im ersten Falle ihnen fremde geblieben waren.

Diese Andeutungen beziehn sich vorzugsweise auf die höhere Analysis und auf die Mechanik. Man bemerkt oft, dafs junge Leute unmittelbar nach Beendigung ihrer Studien manche Integrationen mit Sicherheit auszuführen verstehn, dafs aber die Berechnung eines Zahlenbeispiels nach den gefundenen Resultaten sehr grofse und nicht selten sogar unüberwindliche Schwierigkeiten macht. Es fehlt nicht nur an Uebung und Sicherheit im gewöhnlichen Gebrauche der Logarithmen-Tafeln, sondern die Benutzung derselben zur Berechnung mancher Functionen, zu denen die Integration führt, wie etwa eines natürlichen Logarithmen, oder eines Bogens, der durch eine trigonometrische Linie gegeben ist, scheint meist ganz unbekannt zu sein. Von solchen mathematischen Studien ist augenscheinlich für den spätern Dienst und für die Förderung der Wissenschaft nichts zu erwarten. Hat man eine Formel vergessen, so kann man sie im Hefte oder im Lehrbuche immer leicht wiederfinden, wenn aber ihre Be-

deutung nie klar gewesen ist, so bleibt ihre Benutzung unmöglich.

Die Beschränkung des Vortrages auf die wichtigsten und am häufigsten zur Anwendung kommenden Sätze rechtfertigt sich auch in sofern, als in den seltenen Fällen, wo vielleicht eine schwierigere Integrations-Methode benutzt werden könnte, die Resultate noch in andrer Art, wie etwa durch Auflösung in Reihen oder durch mechanische Quadratur, wenn auch meist etwas mühsamer, doch in beliebiger Schärfe dargestellt werden können. Der ganze Unterricht wird aber wesentlich an Interesse gewinnen, wenn er immer auf die Anwendung hinweist, besonders aber, wenn er auch mit einigen wirklichen Beobachtungen und Messungen und mit der Untersuchung der dabei gefundenen Resultate verbunden wird. Hierdurch gelangt der Zuhörer zu der Einsicht, dafs seine mathematischen Studien einen reellen Zweck haben und sich nicht allein auf die bevorstehenden Prüfungen beziehn.

Noch in andrer Weise ist eine wesentliche Abkürzung des theoretischen Unterrichts nicht nur zulässig, sondern sogar dringend geboten. Die Herleitung der Lehrsätze der Mechanik auf elementärem Wege beruht genau auf denselben Anschauungen, die der höheren Analysis zum Grunde liegen, auch ist sie keineswegs verständlicher, als die Methoden der letzteren sind, vielmehr gehn diese von den einfachsten Vorstellungen aus, und führen auf dem kürzesten Wege zum Ziele. Wenn daher in den spätern Studien, wozu jeder Baumeister verpflichtet ist, dieselben Sätze, die er mit elementärer Herleitung bereits erlernt hatte, nunmehr wieder analytisch entwickelt und in dieser Weise zum zweiten male erlernt werden, so wird der erste Unterricht augenscheinlich ganz überflüssig. Der Grund, weshalb man von dieser zweimaligen Behandlung desselben Gegenstandes sich nicht lossagen mag, beruht wieder auf der Vorstellung, dafs die Differenzial- und Integral-Rechnung nicht anders, als in der ganzen üblichen Ausdehnung vorgetragen werden dürfen. Hier-

zu ist aber um so weniger Veranlassung, als schliefslich doch eine willkürliche Grenze gesetzt werden mufs. Es würde auch nichts hindern, den Vortrag über Analysis mit dem über Mechanik in der Art zu verbinden, dafs der letzte (wie Poisson wirklich gethan hat) mit der Herleitung derjenigen Sätze der Analysis beginnt, auf welche im betreffenden Cursus Bezug genommen wird. Hierdurch fiele auch die oft vorkommende Schwierigkeit von selbst fort, dafs in der Mechanik einzelne analytische Sätze benutzt werden müssen, die der Schüler noch nicht kennt, weil beide Disciplinen gleichzeitig vorgetragen werden.

Endlich wäre in Betreff der Uebung im Zahlenrechnen noch daran zu erinnern, dafs man sich des Maafses der erreichbaren Schärfe stets bewufst bleiben mufs, und dafs kein reeller Grund denkbar ist, wefshalb die Rechnung mit viel gröfserer Schärfe geführt werden sollte, als das Resultat haben kann. Der Baumeister wird niemals im eigentlichen Dienste, und nur überaus selten, wenn er um die Förderung der Wissenschaft sich bemüht, Beobachtungen oder Messungen machen, in welchen die Zahlenwerthe bis auf den hunderttausendsten Theil sicher sind. Fünfstellige Logarithmen-Tafeln sind also für den gewöhnlichen Gebrauch und beim Unterricht vollkommen genügend. Dieselben gewähren die grofse Erleichterung, dafs man mit sehr seltenen Ausnahmen die gesuchten Logarithmen oder Zahlen unmittelbar ablesen kann, indem die geringen Differenzen sich von selbst ergeben und leicht hinzuzufügen oder abzuziehn sind. Die Rechnung wird also vergleichungsweise zur Anwendung siebenstelliger Tafeln in hohem Grade abgekürzt, oder die Durchführung von Zahlenbeispielen erfordert einen viel geringeren Zeitaufwand. In den meisten Fällen, und namentlich wenn Erfahrungs-Coefficienten benutzt werden, genügen selbst vierstellige Tafeln und der Englische Ingenieur bedient sich sogar gewöhnlich nur des Rechenschiebers (slide-rule) der noch weniger genau ist. Das Resultat, zu dem er aber mit Hülfe desselben

in der kürzesten Zeit gelangt, liegt gemeinhin der Wahrheit näher, als wenn jemand, dem alle Uebung fehlt, mit siebenstelligen Logarithmen zu rechnen versucht. Doch selbst diese sieben Stellen genügen manchem practischen Baumeister noch nicht. Um seinen Arbeiten den Schein einer großen Genauigkeit zu geben, läßt er zuweilen einzelne Zahlen auf ein Dutzend Decimalstellen und wohl noch schärfer berechnen. Der Mangel an mathematischer Bildung giebt sich, wie ich einst einen bewährten Physiker sagen hörte, durch nichts so auffallend zu erkennen, als durch die maaßlose Schärfe im Zahlenrechnen.

Diese Aeußerungen über theoretische Studien und über den Nutzen derselben sind nicht nur in sich begründet, sondern werden auch durch die großen Erfolge bestätigt, die in andern Erfahrungs-Wissenschaften durch sorgfältige Behandlung genauer Beobachtungen erreicht sind. In manchen Bildungs-Anstalten für Ingenieure hat die bezeichnete Richtung bereits Eingang gefunden, da dieses jedoch noch keineswegs allgemein geschehn ist, vielmehr in neuerer Zeit hin und wieder sogar Rückschritte gethan sind und der Gegensatz zwischen Theorie und Praxis immer schroffer sich gestaltet, so habe ich es für Pflicht gehalten, ohne Beschönigung die Mißstände zu bezeichnen, die eine gedeihliche Ausbildung der Wasserbaukunst so wesentlich erschweren und fast unmöglich machen.

Berlin, 1862.

G. Hagen.

Inhalts-Verzeichnifs
des ersten Bandes.

Abschnitt I.
Allgemeine Erscheinungen im Meere.

Abschnitt II.
Eindeichungen am Meere.



Erster Abschnitt.

Allgemeine Erscheinungen im Meere.

§. 1.

Ueber Wellen im Allgemeinen.

Die Bauten am Meere haben wesentlich denselben Zweck, wie die Strombauten. Man beabsichtigt durch sie theils die Ufer zu schützen, oder auch wohl neues Vorland zu gewinnen, theils aber auch die Mündungen der Ströme, Flüsse und zuweilen sogar der Bäche offen zu erhalten, damit die Vorfluth des Binnenlandes nicht gestört wird. Vorzugsweise beziehn sie sich indessen auf die Sicherstellung und Erleichterung der Schiffahrt.

Einen wesentlichen Unterschied gegen die Strombauten bedingt schon die letzte Rücksicht, insofern der viel gröfsere Tiefgang der Seeschiffe auch viel schwierigere Anlagen und Ausführungen fordert. Aufserdem aber treten im Meere noch gewisse Erscheinungen und manche Eigenthümlichkeiten ein, die ganz verschiedene Anordnungen und Constructionen fordern. Zu diesen gehört vorzugsweise der Wellenschlag, dessen zerstörenden Wirkungen man durch die äufsersten Mittel der Kunst kaum zu begegnen im Stande ist, ferner der Wasserwechsel der Fluth und Ebbe, der nicht nur auf die Schiffahrt, sondern auch auf die Ufer und namentlich auf die Deiche von wesentlichem Einflusse ist. Sodann kommen die Strömungen in Betracht, die theils von der Fluth und theils von andern Ursachen herrühren. Sie wirken gleichfalls wieder meist zerstörend, während sie in mancher Beziehung schon an sich von Nutzen sind und bei angemessner Anordnung der Werke die Schiffahrt erleichtern.

Eine Rücksicht, die beim Strombau mit der gröfsten Aufmerksamkeit stets beachtet werden mufs, nämlich die Erhaltung der nöthigen Profilweite, sowol für das kleine, als auch vorzugsweise für das hohe Wasser, fällt bei den Bauten am Meere ganz fort, indem

die Profile hier an sich übermäfsig grofs und vergleichungsweise zu dem Bedürfnisse sogar unbegrenzt sind. Ferner kommt die Beschaffenheit des Wassers in Betracht. Wegen des starken Salzgehaltes gedeihen am Meeresufer keine Strauchpflanzungen, und nur gewisse Gräser sind hier noch vortheilhaft zu verwenden, während andre Pflanzen in den Buchten den Schlickboden überziehn, wenn derselbe auch bei jeder Fluth mehrere Fufs hoch inundirt wird. Endlich sind bei manchen Anlagen die im Wasser schwebenden erdigen Theilchen von grofser Wichtigkeit.

Die erwähnten Erscheinungen und Eigenthümlichkeiten finden ihre Grenze nicht an den Stellen, wo die Ströme sich in das offene Meer ergiefsen, vielmehr zeigen sie sich oft, wenn auch nur in geringerem Maafse, noch viele Meilen weit stromaufwärts. Sie werden nach und nach immer unmerklicher, bis sie endlich an gewissen Stellen ganz verschwinden. Diese Stellen sind aber nicht constant. Eine höhere Fluth dringt im Strome weiter aufwärts, als eine schwächere. Das salzige Wasser des Meeres wird bei starker Entwässerung aus dem Binnenlande weiter herabgedrängt. Deshalb schliefst der eigentliche Seebau auch nicht an bestimmter Stelle ab, sondern geht vielmehr allmählig in den Strombau über. Man nimmt gewöhnlich an, die Grenze zwischen beiden befinde sich da, wo die Rückströmung der Fluth aufhört.

Die Wirkungen der benannten Erscheinungen sind im Allgemeinen nur zerstörend. Am offenen Meere, also mit Ausschlufs der Buchten und derjenigen Wasserflächen, die durch davorliegende Untiefen und Inselreihen geschützt sind, befinden sich die Ufer überall im Abbruche. Ein felsiges Ufer, und namentlich wenn es aus fester Gebirgsart besteht, erhält sich freilich lange Zeit hindurch, ohne ein Zurückweichen bemerken zu lassen, aber dafs die mechanischen und wahrscheinlich auch die chemischen Kräfte des Meerwassers darauf einwirken, ergiebt sich deutlich, wenn man solches Ufer näher betrachtet. Alle vorragenden Theile, die am stärksten angegriffen werden, verschwinden, und die Oberfläche des harten Gesteines nimmt jedesmal eine auffallende Glätte an. Ist das Gestein dagegen weich, also etwa Kreide, so lösen sich von Zeit zu Zeit grofse Massen und stürzen herab. Diese werden von den Wellen hin und hergetrieben, und bald so fein zerrieben, dafs sie im Wasser schweben. In diesem Zustande entfernen sie sich weit

vom Ufer und versinken bei ruhiger Witterung in die Tiefe, von wo sie nie wieder zum Vorschein kommen. Dasselbe geschieht mit dem Thon. Nur der Sand und Kies, obwohl er bei der immer wiederholten Bewegung sich abschleift, und dadurch jedes Körnchen mit der Zeit sich verkleinert, bleibt in der Nähe des Ufers. Wellen und Strömungen treiben ihn am Ufer fort, und wenn er auch auf dessen Böschung herabsinkt, so kann er doch im Wasser sich nicht schwebend erhalten, und dieses sichert ihn vor dem Versinken in die Tiefe. Er bleibt daher der Einwirkung der Wellen ausgesetzt, und unter Umständen kann er wieder über das Wasser gehoben und vielleicht sogar durch die Winde weit landwärts geführt werden. Nichts desto weniger sind hohe sandige Ufer mehr als andre einer schnellen Zerstörung ausgesetzt.

In den Meeresbuchten oder an geschützten Stellen ist das Verhältnifs ein ganz andres. Hier bildet sich häufig von selbst ein neues Vorland oder die Ufer rücken vor, und es ist gemeinhin sehr leicht, an solchen Stellen die Aufschlickung künstlich zu befördern und dadurch grofse fruchtbare Flächen Landes dem Meere abzugewinnen.

Die erwähnten grofsartigen Erscheinungen am Meere, nämlich der Wellenschlag, der Fluthwechsel und die Strömungen sind auch für die Schiffahrt und für den Hafenbau von der äufsersten Bedeutung. Sie sind vorzugsweise zu berücksichtigen, wenn man die Hafenmündung und das von der tiefen See aus dahin führende Fahrwasser offen erhalten und dasselbe zugleich für die einlaufenden Schiffe bequem einrichten will. Aufserdem dürfen sie aber auch bei der innern Einrichtung der Häfen und bei der Darstellung der Wasserverbindungen mit dem Binnenlande nicht unbeachtet bleiben. Indem ihr Einflufs in allen Theilen des Seebaues sich als überwiegend herausstellt, so ist es gewifs nothwendig, mit einer ausführlichen Erörterung dieser Erscheinungen zu beginnen. Dieses wird um so mehr sich rechtfertigen, als die Schriften über See- und Hafenbau hierüber meist nur vereinzelte Thatsachen enthalten, die den innern Zusammenhang der verschiedenartigen Wirkungen nicht klar erkennen lassen, und sonach den Wasserbaumeister nicht in den Stand setzen, in jedem besondern Falle die Mittel passend zu wählen, und sich ein sicheres Urtheil darüber zu bilden, was nach den localen Verhältnissen überhaupt zu erreichen ist. Die vielfachen

Mifsgriffe, die in dieser Beziehung vorgekommen sind, und sich noch dauernd wiederholen, werden es gewifs rechtfertigen, dafs die Aufmerksamkeit des Baumeisters hierauf gelenkt und derselbe veranlafst wird, durch sorgfältige Beobachtung und Zusammenstellung der Thatsachen, die mannigfaltigen und grofsen Zweifel, die namentlich in Bezug auf die Wirkung der Wellen zur Zeit noch bestehn, nach und nach zu beseitigen.

Ich gehe zunächst zur Untersuchung der Wellen über. Die Erscheinung ist im Allgemeinen bekannt. Schon auf kleineren Wasserflächen, auf Binnenseen, Weihern und Canälen bemerkt man, wie bei stärkerem Winde langgezogene Erhebungen des Wassers in gewissen, nahe gleichen Abständen sich bilden und in der Richtung des Windes fortlaufen, während diese erhöhten Kämme oder Rücken, sowie auch die zwischenliegenden Thäler eine Richtung haben, welche die des Windes unter rechtem Winkel schneidet. Im Meere und besonders in grofsen Meeren, wie im Atlantischen und Stillen Ocean bildet sich die Erscheinung zur Zeit des Sturmes viel grofsartiger aus, die Kämme der Wellen erheben sich bis 30 Fufs und nach einzelnen Beobachtungen sogar noch höher über die zwischen liegenden Einsenkungen, und bewegen sich mit Geschwindigkeiten bis zu 6 und 7 deutschen Meilen in der Stunde, also ungefähr eben so schnell, wie Personenzüge auf Eisenbahnen. Wer zum ersten Male auf einer Seereise diese anstürmenden Wasserberge sieht, kann sich der Besorgnifs nicht erwehren, dafs sie beim Zusammenstofse mit dem Schiffe dasselbe zertrümmern müssen, und gewifs würde dieses geschehn, wenn die Wassermasse selbst die Geschwindigkeit der Wellen besäfse. Bei Wellen, die auf den Strand auflaufen, ist dieses in der That der Fall, und ein Schiff, welches hier auf dem Grunde steht, wird auch, wenn die Wellen nicht vorher schon wesentlich geschwächt waren, meist in kurzer Zeit zerschellt. Das Schiff dagegen, das auf tiefem Wasser schwimmt, empfängt von der anlaufenden Welle nur einen sehr mäfsigen Stofs, und in einem Boote empfindet man selbst diesen nicht. Die Wassermasse hat daher nicht die Geschwindigkeit, mit der die Welle sich bewegt. Dieses ergiebt sich auch schon daraus, dafs man vor dem Ufer, gegen welches die Wellen anlaufen, das Wasser keineswegs in dem Maafse ansteigen sieht, wie es steigen müfste, wenn jede Welle wirklich die ihr entsprechende Wassermasse neu hinzuführte.

Ein anderer Umstand verdient gleichfalls Beachtung. Wenn im offenen Meere ein starker Wellenschlag erregt ist, so dauert derselbe auch nach dem Aufhören des Sturmes noch lange, und im [illegible] bis 24 Stunden fort. Hieraus ergiebt sich, dafs bei der Wellenbewegung in tiefem Wasser die lebendige Kraft nur in geringem Maafse consumirt wird, dafs also die Reibung nicht bedeutend sein kann. Die Bewegung mufs also in der Art erfolgen, dafs die sich berührenden einzelnen Wassertheilchen sich nicht von einander trennen, vielmehr dauernd in Berührung bleiben.

Bei aufmerksamer Betrachtung der Erscheinung auf kleineren Wasserflächen kann man selten erkennen, welche Bewegungen dabei wirklich eintreten. Die Theilchen, welche die Oberfläche bilden, heben und senken sich beim Vorübergange jeder Welle. Kleine darauf schwimmende Körper, wie etwa Holzstückchen und selbst Schaummassen, die jedoch nur wenig vortreten dürfen, um der unmittelbaren Einwirkung des Windes nicht zu stark ausgesetzt zu sein, sieht man keineswegs mit der Geschwindigkeit der Wellen forttreiben, vielmehr bleiben sie nahe an derselben Stelle, wo sie ursprünglich waren, oder sie bewegen sich doch nur sehr langsam in der Richtung des Windes fort. Dagegen bemerkt man allerdings, dafs sie in dieser Richtung gewisse und zwar abwechselnd entgegengesetzte Bewegungen annehmen. Sobald das Holzstückchen vom Scheitel einer Welle getroffen wird, so folgt es ihrer Richtung, sobald es sich aber im Thale zwischen zwei Wellen befindet, so schwimmt es wieder zurück. Die Wassertheilchen mit den darin schwebenden fremdartigen Körpern bewegen sich also, wenigstens an der Oberfläche des Wassers, beim Vorübergange jeder Welle abwechselnd auf und ab, und zugleich hin und her, und kommen wieder an ihre frühere Stelle zurück. Hieraus folgt, dafs sie gewisse geschlossene Bahnen durchlaufen, und zwar ist in den obern Scheiteln derselben ihre Richtung mit der der Wellen übereinstimmend, in den untern aber entgegengesetzt.

Viel deutlicher ergiebt sich dieses, und nicht nur für die in der Oberfläche befindlichen, sondern auch für die weiter abwärts belegenen Wasserschichten, wenn man von einem gröfseren, vor Anker liegenden Schiffe aus, das von dem mäfsigen Wellenschlage wenig oder gar nicht afficirt wird, einen leicht erkennbaren Körper herabwirft, dessen specifisches Gewicht wenig gröfser, als der des Meer-

wassers ist, der also langsam in die Tiefe sinkt. Hierzu eignet sich schon ein leinenes Tuch oder ein Bogen Papier, den man durch Rollen zwischen den Händen in einen kugelförmigen Ballen umgeformt, und ihn vorher in Wasser getaucht und so vollständig getränkt hat, dafs er ganz durchnäfst ist, und keine Luft sich darin befindet. Wirft man denselben herab, so taucht er sogleich vollständig unter, und indem er nunmehr sich ausbreitet, so versinkt er langsam. Bei klarem Wasser kann man ihn alsdann mehrere Minuten hindurch verfolgen und seine horizontalen Bewegungen deutlich wahrnehmen. Man bemerkt aber, dafs jedesmal, so oft der obere Scheitel einer Welle darüber geht, er der Bewegung desselben folgt, und später wieder zurücktreibt. Dieselbe Bewegung, welche die Wassertheilchen der Oberfläche haben, erfolgt daher gleichzeitig auch in den darunter befindlichen Schichten.

Um Mifsverständnissen zu begegnen mufs darauf aufmerksam gemacht werden, dafs diese rotirende Bewegung nicht etwa gröfsere Wassermassen umfafst, die sich um eine gemeinschaftliche Achse drehen. In solchem Falle würden sehr scharfe Uebergänge unvermeidlich sein, deren Folge wieder eine starke Reibung wäre. In der Vertikal-Ebene, in der diese Bewegungen erfolgen, schwingt vielmehr jedes einzelne Wassertheilchen um eine besondere Achse, und wenn man vorläufig annimmt, dafs die Bahnen Kreise sind, so giebt die sogenannte Wellenmaschine, die in physikalischen Cabineten häufig gefunden wird, ein richtiges und anschauliches Bild von den Bewegungen der in der Oberfläche befindlichen einzelnen Wassertheilchen. Bei dieser Maschine sind nach Figur 1 in einer Horizontal-Ebene eine grofse Anzahl von Achsen a, a . . . angebracht, die durch einen umgeschlungenen Faden sämmtlich in übereinstimmende rotirende Bewegung versetzt werden, so dafs sie alle in gleicher Zeit ihre Umdrehungen vollenden. An dem Ende einer jeden von diesen Achsen ist ein Stäbchen befestigt, dessen äufseres Ende durch einen Knopf c besonders markirt ist. Diese Stäbchen oder Radien haben gleiche Länge, so dafs der Abstand ac bei allen gleich grofs ist. Die Achsen werden nun gegen einander so verstellt, dafs die Neigung des Stabes gegen den Horizont bei jeder folgenden Achse um einen gewissen Winkel (in der Figur um 30 Grade) gröfser wird. Die Knöpfe bilden alsdann schon im Stande der Ruhe eine gestreckte Cycloide, und diese Form erhält sich auch

bei der gleichmäßsigen Drehung aller Achsen, aber der obere Scheitel der Cycloide bleibt alsdann nicht an der Stelle, wo er anfangs war, sondern bewegt sich, während ein Stäbchen nach dem andern die vertikale Stellung annimmt, in derselben Richtung, in der die Drehung erfolgt, und nach einer vollständigen Umdrehung der Achsen hat der Scheitel der Welle die Länge derselben durchlaufen.

Denkt man nun in geringer Entfernung unter diesen ersten Achsen eine zweite Reihe derselben, in der die Stäbchen eben so gerichtet sind, wie die darüber befindlichen, jedoch eine etwas geringere Länge haben, so überzeugt man sich leicht, dafs dieselben Knöpfe sowohl zur Seite, als auch abwärts immer denselben Knöpfen benachbart bleiben. Wenn also die Entfernungen der Achsen in jeder Reihe, so wie auch die Entfernungen der Reihen von einander unendlich klein gedacht werden, so ergiebt sich, dafs die einzelnen Wassertheilchen, die sich ursprünglich berührten, auch während der übereinstimmenden Drehung aller Achsen fortwährend mit einander in Berührung bleiben und kein fremdes Theilchen dazwischen treten kann.

Es giebt noch eine andere bekannte Erscheinung, welche eine überraschende Aehnlichkeit mit dem Wellenschlage der See zeigt, und die auch wesentlich mit diesem übereinstimmt. Ein Getreidefeld, in welchem die Aehren sich bereits so weit ausgebildet haben, dafs sie bedeutend schwer geworden sind, während die Halme die nöthige Biegsamkeit und Elasticität noch besitzen, schlägt im Winde Wellen, wie das Wasser. Die Kämme oder Rücken der Wellen sind normal gegen die Richtung des Windes gekehrt, ihre Bewegung stimmt aber mit der letzteren überein. Es wiederholen sich daher hier sehr vollständig die Eigenthümlichkeiten der Wasserwellen, und augenscheinlich bleibt in diesem Falle jeder Halm mit seiner Aehre unverändert an seiner ursprünglichen Stelle. Die Erscheinung giebt sich hier in allen Einzelheiten leicht zu erkennen. Der Halm schwankt hin und her, und indem er sich neigt, so senkt sich die Aehre, die sogar durch die starke Krümmung des oberen Endes des Halmes besonders tief herabsinkt. Der Schwerpunkt der Aehre beschreibt also wieder eine geschlossene Bahn. Die Pflanzen stehn indessen so nahe neben einander, dafs nicht eine einzelne unabhängig von den benachbarten ihre Bewegungen machen kann, vielmehr müssen diese Bewegungen übereinstimmen, und so geschieht

es, dafs jede folgende Aehre (in der Richtung des Windes gezählt) jeden Punkt in ihrer Bahn etwas später einnimmt, als die vorhergehende den entsprechenden in der ihrigen. Es ergiebt sich hieraus, dafs die Bewegungen der einzelnen Theilchen während des Wellenschlages, welche schon beim Wasser durch gewisse Wahrnehmungen angedeutet wurden, bei der letzterwähnten Erscheinung ganz unverkennbar wirklich eintreten.

Diese Wellen eines Getreidefeldes führen noch zu einer andern Anschauungsart der Wellenbewegung. Man betrachte die einzelnen Wassertheilchen, die vor dem Eintritt der Bewegung sich lothrecht über einander befinden. Dieselben bilden einen Wasserfaden, der ursprünglich lothrecht steht. Beim Wellenschlage mufs derselbe jedenfalls gewisse Bewegungen machen, und sein oberes Ende mufs sich abwechselnd erheben und senken. Dieses geschieht, wenn der Faden ähnlich dem Halme sich neigt und wieder lothrecht stellt, und dieser Fall entspricht der schon oben gemachten Annahme, dafs die Bahnen, welche die einzelnen Wassertheilchen der Oberfläche durchlaufen, die gröfsten Dimensionen haben, und weiter abwärts immer kleiner werden, bis sie endlich sich in Punkte verwandeln, wobei also die Bewegung ganz aufhört. Die Wellen können aber auch dadurch entstehn, dafs diese Fäden, ohne ihre lothrechte Stellung aufzugeben, hin und hergeschoben und dabei abwechselnd zusammengedrängt und wieder von einander entfernt werden, wobei sie sich verlängern und verkürzen müssen. Endlich ist noch der dritte Fall denkbar, dafs nämlich beide Arten der Bewegung sich mit einander verbinden, der Fufs des Fadens also hin und hergeschoben und zugleich der Faden vor und zurück geneigt wird. Aus dem Folgenden wird sich ergeben, dafs alle drei Bewegungs-Arten wirklich vorkommen, und dafs vorzugsweise die Wassertiefe entscheidet, welche von ihnen jedesmal eintreten mufs.

Diese Betrachtung der Wasserfäden erklärt leicht eine sehr interessante und für den Hafenbau wichtige Erscheinung. Wenn nämlich die dem Wellenschlage ausgesetzte Wassermasse durch eine senkrechte Wand begrenzt wird, gegen welche die Wellen in normaler Richtung anlaufen, so werden die der Wand am nächsten stehenden Wasserfäden, welche den Impuls zu ihrer Bewegung von den vorhergehenden, noch frei ausschwingenden Fäden erhalten, sich weder verschieben noch neigen können. Die Pressung, die sie er-

fahren, kann sich also nur in der Längenausdehnung äufsern. Dieses geschieht wirklich, und zwar wird die Höhe der Welle neben einer solchen Wand gröfser, als sie im freien Wasser war. Die starke Erhebung des Wasserspiegels verbunden mit dem Aufhören der fortschreitenden Bewegung ist aber Veranlassung zum Entstehn einer neuen Welle, oder bei fortgesetztem Anlaufen von Wellen zur Bildung eines neuen Wellensystems. Die Bewegung desselben kann aber, da jeder Wellenrücken in seiner ganzen Ausdehnung sich vor der Wand gleichzeitig erhebt, nur rückwärts und zwar wieder normal gegen die Wand erfolgen. Auch dieses geschieht wirklich. Läfst man eine Welle nach der andern normal gegen eine senkrechte Wand schlagen, so läuft jede einzelne dieser Wellen wieder in entgegengesetzter Richtung zurück, und zwar mit gleicher Geschwindigkeit und nahe in derselben Höhe, in der sie aufgelaufen war. Dasselbe geschieht auch, wenn die Wand nicht lothrecht, sondern gegen den Horizont geneigt ist, doch tritt in diesem Falle eine starke und augenfällige Schwächung der Wellen ein.

Wenn nun diese beiden Wellensysteme, die in direct entgegengesetzten Richtungen sich bewegen, gleichzeitig in einem gröfsern oder kleinern Wasserbassin vorkommen, so kann man sehr deutlich beide Arten von Wellen unterscheiden, die sich keineswegs gegenseitig zerstören, vielmehr ganz unabhängig von einander ihre verschiedenen Wege verfolgen. Der einzelne Wasserfaden wird in diesem Falle von beiden Seiten durch die nächststehenden afficirt, und die Schwingung, die er macht, ist die Componente aus den beiden Bewegungen, zu denen der Druck des einen und des andern benachbarten Fadens ihn veranlafst. Sind beide Pressungen gleich grofs und positiv, was in dem Punkte geschieht, wo die obern Scheitel der beiderseitigen Wellen zusammentreffen, so macht der Faden gar keine Seitenbewegung, er verlängert sich nur, oder die Oberfläche erhebt sich, und zwar höher, als bei der einzelnen Welle, weil der beiderseitige Druck die Seitenbewegung vollständig unterbricht. Diese Erhebung ist aber in gleicher Weise, wie der Kamm der Welle neben der senkrechten Wand, Veranlassung zu einer neuen Wellenbildung, die in diesem Falle gleichmäfsig nach beiden Seiten erfolgt. Das Umgekehrte geschieht, wenn die untern Scheitel oder die tiefsten Stellen zweier Wellen zusammentreffen. Die beiderseitigen Pressungen sind alsdann negativ und die Senkung

wird tiefer, als bei der einzelnen Welle. Nach dem momentanen Stillstande dringt das Wasser von der einen, wie von der andern Seite hinzu. An allen zwischenliegenden Stellen wird die Bewegung der Fäden nicht unterbrochen, und da diese gleichzeitig von beiden Systemen afficirt werden, so erfolgt ihre Bewegung in der Art, dafs sie beiden Systemen sich anschliefst. Die in beiden Richtungen laufenden Wellen durchdringen sich also, ohne sich gegenseitig zu zerstören, oder auch nur zu behindern.

Ist die senkrechte Wand, gegen welche die Wellen anlaufen, nicht normal, sondern schräge gegen die Richtung der Bewegung der letzteren gekehrt, so trifft die Pressung der nächst stehenden Wasserfäden gleichfalls schräge auf die Wand. Der Theil des Drucks, der parallel zur Wand gerichtet ist, wirkt in gleicher Weise fort, als wenn die Wand nicht vorhanden wäre, der darauf senkrecht treffende Theil dagegen bewirkt wieder das Zurücklaufen der Welle. Die Welle wird also, wie ein elastischer Körper, unter demselben Winkel, den die Richtung ihrer Bewegung mit der Wand macht, von der letzteren zurückgeworfen. Diese Uebereinstimmung in dem Verhalten der Wellen und elastischer Körper kann nicht befremden, insofern in beiden Erscheinungen die mechanischen Verhältnisse genau dieselben sind. Legt man elastische Kugeln von gleicher Gröfse in einer Reihe hintereinander, so dafs sie sich unmittelbar berühren, und die Berührungspunkte sich in einer geraden Linie befinden, so überträgt sich der in gleicher Richtung auf die erste vorübergehend ausgeübte Druck oder Stofs auf alle bis zur letzten. Sobald irgend eine dieser Kugeln den Stofs empfängt, so wird sie zusammengedrückt, da sie wegen ihrer geschlossenen Lage nicht ausweichen kann. Diese Formveränderung, der die Elasticität entgegenwirkt, giebt aber Veranlassung, dafs sie auf die nächstfolgende Kugel in gleicher Weise einwirkt, wie sie von der vorhergehenden afficirt wurde. Genau dasselbe geschieht mit einer Reihe von Wasserfäden, die in gerader Linie hinter einander stehn und nicht seitwärts ausweichen können. Wenn ein vorübergehender Druck auf den ersten Faden ausgeübt wird, so kann der Effect nur darin bestehn, dafs dieser Faden, so wie später jeder folgende, dadurch ausweicht, dafs er sich verlängert oder sein oberes Ende sich hebt. Diese Erhebung ist aber wieder Veranlassung, dafs er auf den folgenden in gleicher Weise drückt, wie er gedrückt wurde.

Das Fortschreiten des Druckes giebt sich also durch das Fortschreiten der Welle zu erkennen. Lehnt sich die letzte elastische Kugel gegen eine Wand, die unter einem rechten Winkel die Richtung des Druckes trifft, so läuft der Druck, sobald er sich bis hierher fortgesetzt hat, wieder durch alle Kugeln zurück, und die erste wird fortgestofsen. Ist dagegen die Wand schräge gegen die Reihe elastischer Körper gerichtet, die man in diesem Falle freilich als Scheiben von unendlich geringer Dicke denken mufs, so wird der Druck oder Stofs ebenso wie von einer einzelnen dagegen laufenden Kugel unter gleichem Winkel sich rückwärts fortsetzen. Dasselbe geschieht bei den Wasserfäden, und die Uebereinstimmung beider Erscheinungen wird am auffälligsten, wenn man solche Wasserfäden voraussetzt, die sich nicht überneigen, sondern unter Beibehaltung ihrer vertikalen Stellung nur hin und hergeschoben werden.

Dafs die Wellen in dieser Weise wirklich zurückgeworfen werden, oder wie elastische Körper oder Lichtstrahlen reflectiren, ergiebt sich aus manchen Erscheinungen im Grofsen. So kommt es vor, dafs in gewissen Seehäfen beim Einlaufen der Wellen diese an einzelnen Stellen sich so sehr concentriren und verstärken, dafs daselbst kein Schiff liegen kann, und wenn man die Form des Hafens näher prüft, so ergiebt sich jedesmal, dafs von verschiedenen Ufereinfassungen die Wellen gerade hierher zurückgeworfen werden und daher die übermäfsige Bewegung veranlassen. Durch Versuche im Kleinen ist bei Anwendung von Wasser diese Erscheinung nicht in auffallender Weise darzustellen, wohl aber zeigt sie sich mit voller Deutlichkeit, wenn man, wie die Gebrüder Weber *) es thaten, statt des Wassers, Quecksilber anwendet. In dem einen Brennpunkte eines mit Quecksilber gefüllten elliptischen Gefäfses fielen in kurzen Zwischenzeiten einzelne Quecksilber-Tropfen herab, und diese erregten nicht nur die kreisförmigen Wellen, die man unter ähnlichen Umständen auch im Wasser sehr deutlich bemerkt, sondern die vom Rande des Gefäfses zurücklaufenden Wellen bildeten auch concentrische Kreise um den zweiten Brennpunkt, und vereinigten sich jedesmal in demselben, indem sich hier die Oberfläche sehr merklich erhob und senkte.

*) Die Wellenlehre auf Experimente gegründet, von den Brüdern E. H. Weber und W. Weber. Leipzig 1825. §. 171.

Die Erregung der Wellen erfolgt durch jede plötzliche Störung des Gleichgewichts einer ruhenden Wassermasse. Wenn ein Stein in einen Weiher geworfen wird, oder ein Tropfen in eine mit Wasser gefüllte Schaale fällt, so bilden sich nach allen Richtungen Wellen, oder es entstehn einige concentrische kreisförmige Wellen, die sich vergröfsern und immer weiter ausdehnen, bis sie endlich bei ihrer allmähligen Abschwächung sich so erniedrigen, dafs man sie nicht weiter erkennen kann. Ganz dieselbe Erscheinung tritt aber auch ein, wenn man einen vorher ins Wasser eingetauchten Körper plötzlich herauszieht. Dabei pflegen freilich immer einige Wassertropfen herabzufallen, und es bleibt daher zweifelhaft, ob die kreisförmigen Wellen, die man wieder von der Stelle ab, wo der Körper versenkt war, nach dem Rande des Gefäfses laufen sieht, vielleicht von diesen Tropfen herrühren. Der Zweifel wird indessen beseitigt, wenn man diesen Versuch mit einer Röhre anstellt, die solche Weite hat, dafs man die obere Oeffnung mit dem Daumen noch bequem schliefsen kann. Schliefst man diese zuerst und taucht alsdann die Röhre einige Zoll tief ein, so wird beim plötzlichen Aufheben des Daumens das Wasser in gleicher Weise eindringen, als wenn ein eingetauchter Körper plötzlich herausgezogen wäre. Man sieht aber in diesem Falle, dafs die kreisförmige Welle sich zuerst rings um die Glasröhre bildet und von hier nach dem Rande des Gefäfses läuft. Mittelst dieser Röhre läfst sich auch der erste Versuch, nämlich das plötzliche Eintauchen eines Körpers sehr bequem darstellen, wenn man die Röhre einige Zoll tief ins Wasser einsenkt, alsdann die obere Oeffnung schliefst und die Röhre soweit hebt, dafs ihr unterer Rand noch so eben unter der Oberfläche bleibt. Entfernt man alsdann den Daumen, so stürzt das Wasser aus der Röhre heraus, und die kreisförmige Welle läuft gleichfalls von der Röhre fort. Mag man den Versuch in der einen oder in der andern Art darstellen, so bleibt die Erscheinung dieselbe. Benutzt man ein kreisförmiges Gefäfs, und hält man die Röhre in dessen Mitte, so wird freilich die kreisförmige Welle, nachdem sie den Rand erreicht hat, wieder zurücklaufen, oder die kreisförmigen Wellen verkleinern sich und schliefsen sich endlich an die Röhren an, aber die erste Bewegung erfolgt jedesmal von der Röhre aus nach dem Rande des Gefäfses, und nie in entgegengesetzter Richtung. Die Uebereinstimmung beider Erscheinungen erklärt sich

ohne Zweifel dadurch, dafs beim plötzlichen Eintauchen die Erhebung oder der obere Scheitel der Welle gebildet wird, beim plötzlichen Herausziehn aber die Einsenkung oder der untere Scheitel. Es entsteht dabei aber niemals eine einzelne Welle, sondern stets mehrere, die einander folgen, und man sieht in beiden Fällen ganz gleiche Wellensysteme, in denen man bei der Flüchtigkeit der Erscheinung keinen Unterschied bemerken kann, die aber unverkennbar in derselben Richtung sich bewegen.

Dieselbe Ursache veranlafst ohne Zweifel zuweilen auch im Meere einzelne Wellen. Wenn durch vulkanische Ausbrüche oder durch Erdbeben das bisherige Gleichgewicht in den Wasserflächen plötzlich in grofsem Maafse gestört wird, so erheben sich Wellen, die in der Nachbarschaft Landflächen inundiren, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen weit über dem Spiegel der See liegen, und von keiner Fluth erreicht wurden. Bei dem Erdbeben, das am 1. November 1755 Lissabon zerstörte, rollte daselbst eine 40 Fufs hohe und bei Cadix sogar eine 60 Fufs hohe Welle auf das Ufer. Ein Engländer (Namens Chase), der sich damals in Lissabon aufhielt, erzählt in einem Briefe, dafs unmittelbar nach dieser Welle das Wasser sich soweit gesenkt habe, dafs die in dem sehr tiefen Tajo ankernden Schiffe grofsentheils auf dem trocknen Flufsbette standen, dafs aber dieser ersten Welle noch zwei andere von nahe derselben Höhe folgten. In den kleinen Antillen, wo der Fluthwechsel nur wenig über 2 Fufs mifst, erhob sich das Meer 20 Fufs hoch. Dieselbe Erscheinung ist bei andern Erdbeben auch in Callao de Lima und in Chili beobachtet worden, und in dem ersten dieser Häfen sah Alexander von Humboldt bei voller Windstille plötzlich eine Reihe von 10 bis 14 Fufs hohen Wellen einlaufen, die nur durch submarine Erdbeben veranlafst sein konnten.

Gewöhnlich werden die Meereswellen durch den Wind erregt. Wenn derselbe vollkommen gleichmäfsig auf die Oberfläche des Wassers wirkte, so wäre auch der Druck, den er verursacht, auf allen Theilen derselben ganz gleich, und das Gleichgewicht könnte nicht gestört werden. Diese Bedingung wird aber niemals erfüllt, indem die Wirkung des Windes immer ungleichmäfsig ist und er nicht nur abwechselnd sich verstärkt und schwächt, sondern wegen der wirbelnden Bewegungen im Luftstrome er stets an verschiedenen und selbst an nahe belegenen Stellen in verschiedener Stärke

und in anderer Richtung auftritt. Hierdurch wird jedesmal und zwar in kürzester Zeit ein ungleichmäfsiger Druck veranlafst und das Gleichgewicht der Oberfläche aufgehoben. Sobald dieses aber auch nur in geringstem Maafse gestört ist, und die kleinsten Wellen sich gebildet haben, so verstärkt der Wind dieselben sehr schnell und theilt ihnen die Richtung der Bewegung mit, die er selbst hat. Man nehme an, die erste Störung des Gleichgewichts sei dadurch veranlafst, dafs eine Stelle der Oberfläche plötzlich stärker gedrückt wird, als die umgebenden; die Wirkung wird alsdann dieselbe sein, als wenn ein Körper auf jene Stelle herabfiele, und es werden schwache kreisförmige Wellen sich rings um sie bilden, die nach allen Richtungen sich verbreiten. Dieser gleichmäfsigen Verbreitung tritt aber die Wirkung des Windes entgegen. Diejenigen Theile der Kreiswellen, die gegen den Wind laufen, werden von ihm aufgehalten, er drückt in der vordern Böschung die Wassertheilchen zurück, die im Aufsteigen begriffen sind. Diejenigen Wellentheile, deren Bewegung normal gegen die des Windes gerichtet ist, werden von ihm gar nicht afficirt. Diejenigen dagegen, welche in derselben Richtung sich bewegen, die der Luftstrom hat, werden durch den letzteren verstärkt. Er trifft, so lange seine Geschwindigkeit noch gröfser ist, als die der Welle, die hintere Dossirung. Er beschleunigt also ihre Bewegung theils unmittelbar und theils dadurch, dafs er die im Herabsinken schon begriffenen Wassertheilchen noch stärker herabdrückt, während die in der vordern Dossirung befindlichen Theilchen am Aufsteigen nicht gehindert werden, weil der Kamm der Welle sie überragt und sie vor der Einwirkung des Windes schützt. So geschieht es, dafs die vor dem Winde laufenden Theile der ursprünglich kreisförmigen Wellen sich vorzugsweise ausbilden und in überwiegenden Dimensionen auftreten. Sobald sie aber eine starke Bewegung angenommen haben, so reifsen die am Ende befindlichen Wassertheilchen die nächst liegenden mit sich fort, und in dieser Art entstehn die lang gezogenen Wellen, deren Rücken bei heftigem Sturme und auf grofsen Meeren meilenweite Ausdehnung annehmen.

In voller Regelmäfsigkeit bilden sich die Wellen vielleicht niemals aus. Auf kleinen Gewässern, so wie auch in der Nähe der Ufer des Meeres und namentlich in Buchten, wo die Wellen einlaufen, zeigen sich diese Unregelmäfsigkeiten besonders auffallend.

Wenn man sich auf einem hohen Ufer befindet, von dem aus man eine gröfsere Wasserfläche übersehn kann, so lassen sich die einzelnen Wellen, deren Kamm niemals eine bedeutende Längenausdehnung hat, selten längere Zeit hindurch verfolgen. Nach einer Viertel-, oder spätestens nach einer halben Minute verschwinden sie plötzlich, während daneben andere auftauchen. In grofsen und tiefen Meeren, woselbst die Wellen sich viel vollständiger ausbilden, findet ein solcher Uebergang aus einem Systeme in das andre vielleicht gar nicht, oder doch nur viel seltener statt. Dagegen sind auch hier die Wellen in Betreff ihrer Höhe sehr verschiedenartig, und niemals zeichnet sich eine einzige Welle durch die gröfsere Höhe aus, sondern immer findet ein allmähliger Uebergang statt. Nach der Meinung der Schiffer folgen sich immer drei besonders hohe Wellen, von denen die mittelste am meisten sich erhebt. Dieses erklärt sich wohl dadurch, dafs zwei oder noch mehr verschiedene Systeme von etwas abweichenden Perioden gleichzeitig bestehn, die zuweilen zusammenfallen und alsdann die besonders hohen Wellen erzeugen. In manchen Fällen thürmen sich die Wellen und zwar nur stellenweise zu einer überraschenden Höhe auf, so dafs grofse Wassermassen auf das Deck des Schiffes treten und alle Gegenstände fortspülen, die gröfsere Angriffsflächen bieten und mit dem eigentlichen Schiffskörper nicht auf das Innigste verbunden sind. Diese Wellen, die ohne Zweifel aus dem Zusammentreffen verschiedener, sich kreuzender Systeme entstehn, nennt man Sturzseen.

Bei stark bewegter See und heftigem Winde bemerkt man sehr deutlich, dafs gleichzeitig eine grofse Anzahl von Wellensystemen in verschiedener Stärke und verschiedener Richtung auftritt. Als ich einst bei starkem Nordwinde von Dover nach Ostende fuhr und Foreland passirt war, folgten die gröfsten Wellen der Richtung des Windes und diese verursachten vorzugsweise das heftige Stampfen und Rollen des Dampfbootes. Neben diesem Systeme zeigten sich aber auch viele andre, welche, wenn auch schwächer, doch ganz regelmäfsig sich ausgebildet hatten und ohne Störung das erste verschiedenartig kreuzten. Selbst an Wellen von sehr geringer Erhebung fehlte es nicht, welche die bewegte Wasserfläche netzartig überzogen, und unter diesen waren auch solche, welche der Richtung des Windes entgegenliefen. Eine viel grofsartigere Entwickelung der Wellen sah ich, als ich bei mäfsigem Südwestwinde auf

dem Wege von Southampton nach Lissabon durch die Bai von Biscaya in gerader Richtung von der Insel Ushant (vor der nordwestlichen Ecke Frankreichs) nach dem Cap Finisterre fuhr. Der schwache Wind bildete ein System von Wellen, die nur etwa 3 Fuſs hoch waren und dem Dampfschiffe gerade entgegen liefen. Ob diese Wellen bedeutende Ausdehnung hatten, lieſs sich nicht erkennen, da ein anderes System überwiegend war, welches aus Nordwest anlief und die ersten sehr nahe unter rechtem Winkel kreuzte. Dieses muſste auf der Höhe des Atlantischen Oceans seinen Ursprung haben, wo ein anderer und wahrscheinlich viel stärkerer Wind es erregt hatte. Von dem hohen Vorderdeck aus, welches freie Aussicht über das ganze Schiff bot, konnte ich die Kämme dieser Wellen sehr deutlich betrachten. Sie zogen sich in geraden Linien hin und so weit das Auge reichte, war keine Unterbrechung in ihnen zu bemerken. Die Zwischenzeiten, in welchen sie das Schiff trafen, zeigten merkliche Abweichungen, doch mochten diese davon herrühren, daſs bei dem starken Rollen des Schiffes einige Veränderung des Curses unvermeidlich war. Als ich auf dem vordern Theile des Quarterdecks, also nahe in der Mitte des Schiffes stand, sahe ich, wenn wir uns gerade im untern Wellenscheitel befanden, die obern Wellenscheitel gewöhnlich in der Höhe des Horizontes. Die mittlere Wellenhöhe lieſs sich hiernach leicht, und um so sicherer messen, als die Längenachse des Schiffes den Kämmen der Wellen parallel war, und sonach das ganze Schiff sich im Wellenthale befand. Es kam nur darauf an, die Messung in solchen Momenten vorzunehmen, wo das Schiff sich nicht merklich seitwärts überneigte, weil bei dem heftigen Rollen sonst die Höhe zu groſs oder zu klein gefunden wäre. Es ergab sich hiernach die mittlere Höhe der Wellen 12½ Fuſs Rheinländisch. Viele Wellen blieben aber niedriger und in Zwischenzeiten von wenigen Minuten traten immer einzelne höhere Wellen auf, die man schon in weiter Ferne bemerken konnte, und die sich, sobald sie das Schiff trafen, durch das viel stärkere Schwanken desselben zu erkennen gaben. Einzelne derselben waren 18 Fuſs hoch.

Auſser den erwähnten beiden Wellensystemen bemerkte man zunächst die im Buge des Dampfbootes erregten Wellen, welche zu beiden Seiten des Schiffes sichtbar waren, und deren Kämme gegen das Kielwasser Winkel von 35 Graden bildeten. Drei dieser

Wellen waren hinter einander sehr deutlich sichtbar und sie liefen über die andern fort, bis sie etwa in der Entfernung von 100 Ruthen verschwanden. Endlich traten wieder sehr verschiedene kleinere Systeme auf, die man in den sich kreuzenden Furchen der Wasserflächen erkennen konnte.

Die vorstehenden Mittheilungen beziehn sich allein auf die Erscheinungen im tiefen Wasser. Wo sich der Boden erhebt und besonders wo er steil aufsteigt, wenn er auch noch weit unter der Oberfläche bleibt, werden die Schwingungen der Wasserfäden plötzlich gehemmt, und die ihnen mitgetheilte lebendige Kraft kann sich nur in einer gröfseren Erhebung des Wassers äufsern. Es bilden sich alsdann die sogenannten Grundwellen, die wegen ihrer unregelmäfsigen und stofsenden Bewegung besonders gefürchtet werden. Wenn die Untiefen höher ansteigen, so können die Wellen sich nicht mehr als zusammenhängende Wassermassen ausbilden. Ihre obern Schichten empfangen noch den vollen Stofs, dem die horizontale Bewegung der im Scheitel befindlichen Theilchen entspricht, die darunter liegenden werden aber durch den ansteigenden Boden aufgehalten, sie können also nicht schnell genug folgen, und der Scheitel, dem alsdann die Unterstützung fehlt, neigt sich vorn über, bis er ganz unabhängig von den frühern rotirenden Bewegungen der einzelnen Wassertheilchen, allein den Gesetzen der Schwere folgend, mit lautem Getöse hinabstürzt. Diese Erscheinung ist unter dem Namen der Brandung bekannt. Sie zeichnet sich vor allen übrigen Wellen dadurch aus, dafs sowol wegen der Luft, die von dem überschlagenden Kamme eingeschlossen wird, als durch das freie Herabfallen der Wassermasse eine sehr starke Schaumbildung jedesmal stattfindet. Das glänzende Weifs der Brandung ist selbst in der Dunkelheit schon in weiter Ferne bemerkbar, während das in kurzen Zwischenzeiten wiederholte oft donnerähnliche Getöse den Schiffer gleichfalls vor der Gefahr warnt. Wo die Welle brandet, ist die Wassertiefe meist so geringe, dafs das Schiff nicht mehr schwimmen kann, es läuft also Gefahr zu stranden, und von den ungeschwächt anlaufenden Wellen in kürzester Frist zerschlagen zu werden. Wenn aber auch die Tiefe hinreichend grofs ist, so dafs das Schiff, ohne den Grund zu berühren, darüber gehn kann, so hebt und senkt es sich auf diesen starken Wellen viel mehr als in der offenen See, und besonders sinkt es tiefer hinab, insofern

die schäumende Wassermasse ein weit geringeres specifisches Gewicht hat und daher weniger trägt. Wenn daher auf der Barre vor der Mündung eines Stromes unter gewöhnlichen Verhältnissen auch überflüssige Wassertiefe ist, so wird es doch bedenklich, bei starkem Wellenschlage sie zu überfahren, weil gerade hier das Schiff so tief durchschlägt. Auch die ganz veränderte Bewegung der einzelnen Wassertheilchen vermehrt die Gefahr. Während das Wasser im offenen Meere so wie auch vor einer steilen Felswand nur hin- und herschwankt, ohne entschieden der Richtung des Sturmes zu folgen, so nimmt in der Brandung die ganze Masse diese Bewegung an und es bildet sich beim Aufschlagen jeder Welle eine heftige, dem Ufer zugekehrte Strömung. Dieselbe erschwert noch wesentlich die Steurung und vermehrt dadurch die Gefahr.

Wenn das Meeresufer nicht ganz steil und nahe senkrecht aus grofser Tiefe bis über den Scheitel der Wellen emporsteigt, so bildet sich beim Sturme vor demselben jedesmal eine starke Brandung. Ist das Ufer flach und sandig, so zeigt sich auf demselben ein sehr regelmäfsiges, wenig geneigtes Banket, das einige Fufs hoch über dem gewöhnlichen Meeresspiegel liegt. Dieses ist der sogenannte Strand, und er verdankt seine Entstehung den beim Sturme überstürzenden Wellen. Die gelösten Wassermassen strömen von der See aus darüber hin, bis sie in Folge des ansteigenden Bodens und durch die starke Reibung gegen denselben ihre Geschwindigkeit verloren haben und nun auf der sanft geneigten Fläche wieder rückwärts fliefsen. An der Stelle, wo diese rücklaufenden Wellen den vom Meere aus ankommenden begegnen, bildet sich in der Dossirung ein sehr merklicher und seewärts steil abfallender Absatz. Doch das rückfliefsende Wasser kann in seiner Bewegung hier nicht vollständig gehemmt werden, weil sonst der Wasserspiegel vor dem Ufer sich immer mehr erhöhen müfste. Es fliefst also, nachdem es plötzlich aufgehalten war, bald wieder unter dem nach dem Lande gekehrten Strome der neuen Welle dem Meere zu, und wo es der nächsten Welle begegnet, tritt wieder ein Stillstand ein und Sand und Kies lagern sich hier ab. So bilden sich vor dem Ufer mehrere Rücken in ziemlich gleichen Abständen von einander und parallel zum Strande. Man nennt diese an der Ostsee Riffe und glaubt gemeinhin, dafs jedesmal drei derselben vorkommen. Doch kann man oft auch das vierte und unter Umständen selbst

das fünfte noch in gröfserer Tiefe unterscheiden. Die entgegengesetzten Strömungen kann man selbst bei mäfsigem Wellenschlage leicht bemerken. Wirft man beim Baden einen specifisch leichten Körper, also ein Stückchen Holz auf das Wasser, so schwimmt dieses sehr schnell nach dem Ufer, läfst man aber ein bereits durchnäfstes Tuch, das also langsam zu Boden sinkt, fallen, so wird dieses sehr schnell von dem untern Strome seewärts getrieben.

Eine Eigenthümlichkeit der Meereswellen mufs hier noch erwähnt werden, nämlich dafs sie jedesmal von der Seeseite aus und nahe senkrecht das Ufer treffen. Sie bewegen sich also in Richtungen, welche zuweilen sehr stark von der des Windes abweichen, und an kleineren Inseln sogar derselben entgegengesetzt sind. Wenn ein heftiger Wind vom Lande dem Meere zugekehrt ist, so bleibt die Wasserfläche nächst dem Ufer ganz ruhig, indem sie durch das Ufer geschützt ist. Erst in einiger Entfernung bilden sich kleine Wellen, die seewärts gröfser werden. Wenn das Ufer aber auch so niedrig ist, dafs es keinen Schutz gewährt, so kann ein starker Wellenschlag nicht plötzlich entstehn. Die Schwingungen der Wasserfäden sind, ehe die regelmäfsigen Wellen sich gebildet haben, nicht in Uebereinstimmung mit einander, und wenn, wie in diesem Falle, in der Richtung des Windes die Tiefe zunimmt, so genügt der Stofs des kürzeren Fadens nicht, um dem dahinter stehenden längeren die entsprechende Bewegung mitzutheilen.

Ist die Richtung des Windes dem Ufer parallel, so laufen die Wellen dennoch nahe rechtwinklig gegen das Ufer. Dieses erklärt sich durch die Eigenthümlichkeit, dafs die Geschwindigkeit der Wellen mit der Wassertiefe abnimmt, und immer um so geringer wird, je kleiner jene ist. Hierdurch verändert der Kamm und sonach auch die Bewegung der Welle die Richtung, sobald sie sich seitwärts über den ansteigenden Grund ausdehnt. Man sieht dieses sehr deutlich, sobald man auf einem hohen Ufer steht. Die auflaufenden Wellen sind keineswegs auf dem flachen Wasser in der Nähe des Ufers entstanden, die starke Bewegung hat sich vielmehr in der offenen See ausgebildet, und indem das zur Seite befindliche wenig bewegte Wasser hierdurch mit fortgerissen wird, so kehrt sich die Welle in dem Theile, der nicht mehr die hinreichende Tiefe findet, dieser untiefen Stelle, also dem Ufer zu.

Hat das Ufer nur geringe Ausdehnung, oder begrenzt es nur

eine kleine Insel, so kann bei heftigem Sturme durch diese die Wellenbewegung nirgend unterbrochen oder das Wasser irgend wo beruhigt werden. Diese Bewegung ist aber überall dem Ufer zugekehrt. Die vorüberlaufenden Wellen verändern aus dem angeführten Grunde ihre Richtung und zwar geschieht dieses an der vom Winde abgekehrten Seite ganz vollständig, so daſs sie hier dem Winde entgegen treten. Man darf indessen nicht annehmen, daſs es in einiger Entfernung eine Stelle giebt, von wo aus die Wellen ganz entschieden nach der einen und der andern Richtung, also theils vor dem Winde und theils demselben entgegen laufen. Der Uebergang wird vielmehr durch die verschiedenen gleichzeitig auftretenden Wellensysteme ohne eine wahrnehmbare scharfe Begrenzung vermittelt.

Nach dieser allgemeinen Darstellung der Wellen gehe ich zur nähern Erklärung derselben über. Wenn auch vielfache Einzelheiten die Regelmäſsigkeit der Erscheinung unterbrechen, so tritt diese doch jedesmal in den wesentlichsten Theilen so übereinstimmend auf, daſs man ihre Abhängigkeit von gewissen Gesetzen nicht bezweifeln kann. Diese Gesetze können nur die allgemeinen dynamischen, oder speciell die hydrodynamischen sein. Ich werde indessen die letzten nicht zum Grunde legen, vielmehr die ersten benutzen, und die Bedingungen, durch deren Einführung jene von diesen sich unterscheiden, besonders betrachten. Diese Bedingungen sind die der Continuität, sie sind also rein geometrisch. Das Wasser bleibt auch während der Wellen-Bewegung eine Masse, die im Innern sich nicht trennt, und es kann darin nicht der geringste freie Raum entstehn, den es nicht vollständig erfüllt. Andrerseits ist seine Elasticität, wenn sie auch durch sehr genaue Messungen im gewissen Grade erwiesen ist, dennoch so unbedeutend, daſs sie bei dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden darf. Es muſs also die Bedingung eingeführt werden, daſs in allen Perioden der Wellen-Bewegung der ganze innere Raum der Masse vollständig angefüllt bleibt, auch an keiner Stelle Ueberfüllung eintritt. Die genaueste Berücksichtigung dieser Bedingung ist vorzugsweise maaſsgebend, und zwar muſs sie bei Wellen von meſsbarer und endlicher Höhe noch zutreffen, denn bei Voraussetzung unendlich kleiner Wellen entzieht sie sich der Betrachtung.

Unter diesem Gesichtspunkte, und ganz abgesehn von den dy-

mischen Gesetzen, lassen sich schon manche höchst wichtige Ein-
heiten der Erscheinung erkennen, und hierdurch vereinfacht sich
die Untersuchung. Alsdann mufs aber geprüft werden, ob und
unter welchen besondern Bedingungen die dynamischen Gesetze den
Eintritt derjenigen Bewegungen gestatten, auf welche die geometri-
sche Betrachtung führte. Es ist noch darauf aufmerksam zu machen,
dafs auch solche Bewegungen möglich sind und ohne Zweifel wirk-
lich vorkommen, wobei ein starker Verlust an lebendiger Kraft ein-
tritt, die sich also nur in dem Falle dauernd erhalten können, wenn
dieser Verlust durch neue äufsere Anregung immer ersetzt wird.
Diese stete Anregung erfolgt in der Natur durch den Wind. Mit
dem Aufhören des Windes hört auf Wasserflächen von geringer Tiefe
auch der Wellenschlag jedesmal gleichzeitig auf.

§. 2.

Wellen auf Wasserflächen von unendlicher Tiefe.

Wenn nach den vorstehend mitgetheilten Erfahrungen die Wel-
len-Bewegung dadurch entsteht, dafs die einzelnen Theile der Was-
sermasse gewisse geschlofsne Bahnen durchlaufen, so läfst sich der
Zusammenhang zwischen diesen Bewegungen leicht nachweisen.*)
Die Bahn, welche ein Wassertheilchen der Oberfläche durchläuft,
messe man durch rechtwinklige Coordinaten, deren Anfangspunkte
im Mittelpunkte der Bahn liegen, oder falls die Bahn keine symme-
trische Figur sein sollte, in irgend einem Punkte, der sich jedoch
lothrecht unter dem obern Scheitel der Bahn und innerhalb der
letzteren befindet. Die Zeit werde von dem Momente ab gezählt,
in welchem das Wassertheilchen in dem obern Scheitel seiner Bahn
sich befand, es also zugleich auch den obern Scheitel der Welle bil-
dete. In diesem Stande war die lothrechte Ordinate ein Maximum
und die horizontale Abscisse gleich Null. Nach der Zeit t sei das
Wassertheilchen in denjenigen Punkt der Bahn gelangt, der durch
die Ordinate y und die Abscisse x gegeben ist. In dieser Zeit hat
aber die Welle selbst, oder ihr Scheitel einen gewissen Weg, und

*) Die Untersuchungen in diesem und den beiden folgenden Paragraphen
sind ausführlicher mitgetheilt in meiner Abhandlung „Ueber Wellen auf Gewäs-
sern von gleichmäfsiger Tiefe" in den Abhandlungen der Königlichen Academie
der Wissenschaften zu Berlin. 1861.

zwar in derselben Richtung zurückgelegt, in der das Wassertheilchen sich bewegte, als es sich im obern Scheitel seiner Bahn befand. Die Geschwindigkeit der Welle ist jedenfalls constant, insofern die Wassertiefe und andre Umstände, die vielleicht darauf Einflufs haben, überall dieselben sind. Diese Geschwindigkeit sei c. Der Scheitel der Welle hat sonach in der Zeit t den Weg ct zurückgelegt, oder die horizontale Entfernung des in Rede stehenden Punktes der Bahn vom Scheitel der Welle ist nunmehr $ct - x$. Bestimmt man die Wellenlinie, die in der Oberfläche des Wassers sich bildet, wieder durch rechtwinklige Coordinaten x' und y', deren gemeinschaftlicher Anfangspunkt sich lothrecht unter dem gegenwärtigen Scheitel der Welle und in derselben Höhe befindet, in der er für die Ordinaten jener Bahn angenommen wurde, so hat man

$$x' = ct - x$$
$$y' = y$$

Da x' in der entgegengesetzten Richtung von x zählt, so haben die Differenziale dx und dx' auch entgegengesetzte Zeichen.

Dieses bezog sich auf die Oberfläche des Wassers, es gilt aber auch für jedes im Innern befindliche Wassertheilchen. Wenn ein solches eine gewisse geschlofsne Bahn durchläuft, so bildet es gleichfalls eine Welle, die sich sichtbar darstellen würde, wenn der darüber befindliche Theil der Wassermasse entfernt wäre. Man denke nun eine vertikale Ebene werde mit derselben Geschwindigkeit, mit der die Welle sich bewegt, und in gleicher Richtung durch das Wasser gezogen, und jedes einzelne Theilchen eines Wasserfadens hinterlasse auf dieser Ebene in jedem Momente einen gewissen Eindruck an der Stelle, wo es dieselbe berührte, oder es zeichne den Weg, den es relativ gegen diese Ebene zurücklegte, so wird letztere nach einer vollen Wellenperiode die Zeichnung aller Wellenlinien enthalten, welche die unter einander befindlichen Wassertheilchen bilden. Diese Wellenlinien theilen die ganze Ebene in gewisse übereinander liegende Schichten ein, und jede derselben wird nach und nach von dem betreffenden Theile des Wasserfadens gefüllt. Indem die Anfüllung ganz vollständig sein mufs, so läfst die Dicke jeder Schicht zugleich auf die relative Geschwindigkeit des Wassertheilchens an jeder Stelle schliefsen. Als der obere Scheitel verzeichnet wurde, bewegte sich das Wassertheilchen in derselben Richtung, in der die Ebene sich fortschiebt, für den untern Scheitel in der entgegenge-

setzten, daher ist die relative Bewegung im ersten Falle kleiner, als im letzten, und insofern die Dicke der Schicht immer gleich ist dem Quotient der Masse dieses Wassertheilchens dividirt durch dessen relative Geschwindigkeit, so ist die Dicke der Schicht im obern Scheitel der Welle gröfser, als im untern. Hieraus ergiebt sich schon, wie bei der vorausgesetzten Bewegung der einzelnen Theilchen und zwar ganz in Uebereinstimmung mit der Bedingung, dafs der innere Raum jedesmal vollständig gefüllt sein mufs, die Wassermasse sich stellenweise hebt und stellenweise senkt, also die Wellenbildung erfolgt.

Eine wichtige Frage ist es nun, ob bei allen diesen, in der beschriebenen Art dargestellten Wellenlinien die Scheitel zusammentreffen, also lothrecht unter einander liegen. Nach dem oben angeführten Versuche scheint die Erfahrung dieses zu bestätigen. Geschieht dieses aber wirklich, so folgt daraus wieder, dafs auch die verschiedenen unter einander gebildeten Wellen mit gleicher Geschwindigkeit fortschreiten. Plötzliche Abweichungen können nirgend vorkommen, weil sonst die Bedingung der Continuität nicht erfüllt wäre, und einzelne leere Räume und zugleich solche Stellen sich bilden müfsten, wo das nächste Wassertheilchen noch in den Raum einträte, den das erste schon vollständig anfüllt. Aber auch die allmähligen Uebergänge, die durch unendlich kleine Abweichungen vermittelt werden, würden nur möglich sein, wenn die Geschwindigkeiten, mit denen die unter einander befindlichen Wassertheilchen ihre Bahnen durchlaufen, wesentlich verschieden wären und in endlichen Abständen immer andere Wassertheilchen mit einander in Berührung brächten, was der Wahrnehmung widerspricht, dafs bei sehr grofsen Tiefen der Wellenschlag nach dem Aufhören des Sturmes noch lange anhält, also keine namhafte Reibung der Wassertheilchen unter sich statt finden kann. Aufserdem leuchtet ein, dafs nach der letzten Voraussetzung die Anschwellungen der über einander liegenden Schichten sich wenigstens theilweise aufheben müfsten und sonach die Wellenerhebung der Oberfläche nicht in der einfachsten Art eintreten würde.

Obwohl dieser Zweifel sich nicht durch directe Beweisführung vollständig beseitigen läfst, so ist die Annahme übereinstimmender Bewegungen in allen unter einander befindlichen Wassertheilchen, welche denselben Wasserfaden bilden, gewifs die plausibelste. Ich

führe sie also ein, und untersuche, ob sie Resultate giebt, die sich sowol an die geometrischen, wie an die dynamischen Gesetze anschliefsen. Schliefslich werde ich die auf solche Weise dargestellten Gesetze der Wellenbewegung mit verschiedenen Beobachtungen vergleichen, und wenn sie mit diesen soweit übereinstimmen, als die Sicherheit der Messungen gestattet, so dürfte der Zweifel vollständig gelöst sein.

Nach allen Erfahrungen behält das Wasser selbst unter dem stärksten Drucke noch seine volle Beweglichkeit, und seine Geschwindigkeit oder die Aenderung derselben wird nur durch die Differenz der Pressungen von der einen und der andern Seite bedingt, ohne dafs die absolute Gröfse derselben hierauf irgend welchen Einflufs hat. Es ist demnach denkbar, dafs die Bewegung der Wassertheilchen in sehr grofser Tiefe noch denselben Gesetzen folgt, und dafs diese Theilchen ähnliche Bahnen in entsprechender Weise durchlaufen, wie die in der Oberfläche befindlichen. Dieses geschieht wirklich, wenn 1) jede der erwähnten dünnen Schichten während der Wellenbewegung an allen Stellen von den darüber liegenden Schichten gleich stark gedrückt wird, und wenn 2) die horizontalen, wie die vertikalen Durchmesser der Bahnen, welche die verschiedenen Theilchen desselben Fadens durchlaufen, bei zunehmender Tiefe in gleichem Verhältnisse immer kleiner, und bei der hier vorausgesetzten unendlichen Tiefe zuletzt gleich Null werden. Die Bahnen würden sich also endlich auf Punkte zusammenziehn, oder die aufrecht stehenden Wasserfäden würden in ihren Wurzeln unbeweglich bleiben, und auf dem Grunde nicht hin- und hergeschoben werden.

Aus dem weitern Verfolg der Untersuchung wird sich ergeben, dafs beide Bedingungen in aller Schärfe erfüllt werden. Der Beweis dafür läfst sich aber nur geben, wenn man die Bewegungen schon kennt. Es ist zunächst zu ermitteln, welche Bewegungen unter diesen Bedingungen eintreten können.

Man setze also voraus, dafs die Bahnen, in welchen die einzelnen Elemente desselben Wasserfadens sich bewegen, ähnliche Figuren sind und übereinstimmend durchlaufen werden. Hiernach sind nicht nur die Umlaufszeiten gleich, und alle Theile des Fadens treten gleichzeitig in die obern und untern Scheitel, sondern wenn man die Bahnen nach Polar-Coordinaten bestimmt, und den Winkel, den der

Vector mit dem Lothe macht, φ nennt, so sind in jedem Mo-
diese Winkel φ in allen zu demselben Faden gehörigen Bah-
gleich grofs.

Ein sehr kleiner Theil eines Wasserfadens oder ein Element
selben sei nach Fig. 2 von den Punkten A und a begrenzt, diese
nkte liegen also in demselben Faden, und sie durchlaufen die
nen AK und ak. Nach t Secunden sind diese Punkte von A
d a nach K und k gerückt. Die beiden betreffenden Radien Vec-
ren KM und km bilden alsdann mit dem durch den Scheitel ge-
genen Lothe die gleichen Winkel φ. Der Radius Vector der obern
hn sei gleich ϱ, der der untern $\varrho - \delta\varrho$, indem durch δ die Ab-
weichungen der beiden Bahnen, durch d dagegen die Differenziale
bezeichnet werden, die sich auf die im Laufe der Zeit eintretenden
Veränderungen beziehn. Der Abstand der beiden Mittelpunkte der
Polar-Coordinaten oder Mm sei gleich δz. Nach Verlauf derselben
Zeit sind die Scheitelpunkte der Wellenlinien nach B und b gerückt.

$$AB = ab = ct$$

indem c die constante Geschwindigkeit der Welle bedeutet. Die be-
treffenden Wellenlinien, die in derselben Zeit auf jener mit der
Geschwindigkeit der Welle fortgezogenen Ebene durch die Berüh-
rung mit beiden Punkten A und a sich dargestellt haben, seien BK
und bk. Zieht man nun durch den Punkt M die Horizontale MG
und zählt man von dieser die Ordinaten aufwärts, so sind nach
Verlauf der Zeit t die Coordinaten des Punktes K

$$x = HM = \varrho \sin \varphi$$
$$y = HK = \varrho \cos \varphi$$

und in Bezug auf die Wellenlinie

$$x' = HG = ct - \varrho \sin \varphi$$
$$y' = HK = \varrho \cos \varphi.$$

Die entsprechenden Gleichungen für die untere Wellenlinie lassen
sich gleichfalls leicht darstellen, doch kann man aus der Verglei-
chung der beiden betreffenden Werthe für y' nicht unmittelbar die
Dicke der Wasserschicht herleiten, weil die zu demselben Winkel φ
gehörigen Werthe x' nicht gleich grofs sind, wie sich auch aus der
Figur ergiebt. Die Kenntnifs des vertikalen Abstandes beider Wel-
lenlinen von einander ist aber nothwendig, um die geometrische Be-
dingung, oder die der Continuität, einzuführen.

Man betrachte die Aenderungen der Erscheinung, wie solche

in sehr kleinen, aber gleich grofsen Zeitintervallen eintreten. Das Differenzial dt ist daher constant. Die Aenderungen des Winkels φ kennt man nicht, noch auch die Beziehung, in der φ zu t und ϱ steht. Indem aber die sämmtlichen nach und nach eintretenden Aenderungen in gleichen Zeitintervallen gemessen werden, so bezeichnet die Gröfse dx' auch die Vergröfserung des horizontalen Abstandes des Wellenscheitels von dem in Betracht gezogenen Punkte k, wie solche in der constanten Zeit dt erfolgt. In jedem Zeitelemente entfernt sich also das untersuchte Wassertheilchen von dem Wellenscheitel um dx' und es mufs jedesmal den entsprechenden Theil der dünnen Schicht ausfüllen. Wenn also, wie hier immer geschieht, die Breite der untersuchten Wassermasse oder der Welle gleich Eins gesetzt wird, so mufs die Fläche des kleinen Theiles der Schicht, oder nach der Figur

$$JK \, . \, dx' = df$$

eine constante Gröfse sein. Es kommt zunächst darauf an, die Höhe JK zu finden.

Man setze den Winkel, den die obere Wellenlinie im Punkte k mit dem Lothe macht, gleich ψ. Alsdann wird auch die untere Wellenlinie, die nach der Voraussetzung der ersten unendlich nahe liegt, in dem Punkte J denselben Winkel mit dem Lothe bilden. In dem kleinen Dreiecke kCJ, dessen Seite kJ man als gerade Linie ansehn kann, ist sonach der Winkel

$$CJk = \pi - \psi$$

ferner

$$kCJ = \varphi$$

und

$$kC = \delta\varrho$$

Hieraus ergiebt sich

$$CJ = \frac{\text{Sin}\,(\psi - \varphi)}{\text{Sin}\,\psi} \, . \, \delta\varrho$$

und wenn man den Abstand der beiden Punkte M und m gleich δ setzt,

$$KJ = KC + CJ$$

$$KJ = \delta z + \frac{\text{Sin}\,(\psi - \varphi)}{\text{Sin}\,\psi} \, . \, \delta\varrho$$

Man hat

$$\text{Sin}\,\psi = -\frac{dx'}{ds'}$$

$$\text{Cos}\,\psi = \frac{dy'}{ds'}$$

wo ds' das Bogenelement der Wellenlinie bezeichnet. Sin ψ ist aber negativ, weil $\delta x'$ der Bewegung der Welle entgegengekehrt ist. Ma

hiernach

$$KJ = \delta z + \text{Cos}\,\varphi\,.\,\delta\varrho + \text{Sin}\,\varphi\,.\,\frac{dy'}{dx'}\,.\,\delta\varrho$$

nd wenn man dieses mit dx' multiplicirt, so folgt

$$df = (\delta z + \text{Cos}\,\varphi\,.\,\delta\varrho)\,dx' + \text{Sin}\,\varphi\,.\,\delta\varrho\,.\,dy'$$

idem nun nach dem Vorstehenden, wenn φ und ϱ als variabel anesehn werden,

$$dx' = c\,dt - \varrho\,\text{Cos}\,\varphi\,.\,d\varphi - \text{Sin}\,\varphi\,.\,d\varrho$$

nd

$$dy' = -\varrho\,\text{Sin}\,\varphi\,.\,d\varphi + \text{Cos}\,\varphi\,.\,d\varrho$$

ergiebt sich endlich

$$= (c.\delta z.dt - \varrho.\delta\varrho.d\varphi) + (c.\delta\varrho.dt - \varrho.\delta z.d\varphi)\,\text{Cos}\,\varphi - \delta z.d\varrho.\text{Sin}\,\varphi$$

ieses Flächenelement soll nach der geometrischen Bedingung für le Werthe von φ denselben Werth behalten, es mufs daher von n φ und Cos φ ganz unabhängig sein, oder die Coefficienten dieer beiden trigonometrischen Functionen müssen an sich gleich Null in. Man hat also zunächst

$$\delta z\,.\,d\varrho = o$$

er erste Factor kann aber nicht gleich Null sein, denn wenn dies der Fall wäre, so würden beide Punkte concentrische Curven schreiben, also die entsprechenden Wellenlinien müfsten sich kreun. Hiernach bleibt nur übrig, dafs

$$d\varrho = o$$

ler ϱ eine constante Gröfse ist. Die Bahn, in der das untersuchte 'assertheilchen A sich bewegt, ist also ein Kreis. Da aber keine stimmte Tiefe für dieses Theilchen vorausgesetzt war, so hat das esultat ganz allgemeine Gültigkeit und alle Wassertheilchen bewen sich in kreisförmigen Bahnen.

Sodann ist auch der Coefficient von Cos φ gleich Null

$$c\,.\,\delta\varrho\,.\,dt - \varrho\,.\,\delta z\,.\,d\varphi = o$$

lso

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{c\,.\,\delta\varrho}{\varrho\,.\,\delta z}$$

er Ausdruck auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens ist aber ir jedes einzelne Wassertheilchen constant oder von dem Winkel φ nd der Zeit t unabhängig, also ist auch $\frac{d\varphi}{dt}$ eine constante Gröfse.

Die geometrische Bedingung hat also schon zu der wichtigen olgerung geführt, dafs die vorausgesetzte Bewegung nur möglich t, wenn jedes einzelne Wassertheilchen eine kreisförmige Bahn mit onstanter Geschwindigkeit durchläuft. Der obige Ausdruck für df

verdient indessen noch in Bezug auf das allein übrigbleibende erste Glied eine nähere Betrachtung.

$$df = c . \delta z . dt - \varrho . \delta\varrho . d\varphi$$

Die Bedeutung dieses Ausdruckes ergiebt sich, wenn man die Flächen berechnet, die von den beiden Wellenlinien begrenzt werden. Der leichteren Rechnung wegen führe man aber für die constante Angular-Geschwindigkeit eine andere Bezeichnung ein, nämlich

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{c}{r}$$

Die Bedeutung dieser neuen Constante r ist an sich klar, sie bezeichnet nämlich den Radius derjenigen Bahn, in welchem das Wassertheilchen mit der Geschwindigkeit der Welle, die gleich c ist, sich bewegt. Hieraus ergiebt sich, dafs die Länge einer Welle von einem obern Scheitel bis zum nächsten gemessen gleich $2r\pi$ ist, weil beim jedesmaligen Vorübergange eines solchen Wellenscheitels auch dasselbe Wassertheilchen im obern Scheitel seiner Bahn sich befinden mufs.

Wenn man die Ordinaten y' von der durch den untern Scheitel der Wellenlinie gezogenen Horizontalen aufwärts mifst, so ist

$$y' = (1 + \text{Cos}\,\varphi)\,\varrho$$

und

$$dx' = (r - \varrho . \text{Cos}\,\varphi)\,d\varphi$$

$$\int y'dx' = (r\varrho - \tfrac{1}{2}\varrho^2)\,\varphi + \varrho\,(r - \varrho)\,\text{Sin}\,\varphi - \tfrac{1}{4}\varrho^2\,\text{Sin}\,2\varphi$$

und zwischen den Grenzen $\varphi = o$ und $\varphi = 2\pi$ oder für eine Wellenlänge

$$\int y'dx' = (2r\varrho - \varrho^2)\,\pi$$

Die Länge der Welle ist aber $2r\pi$, daher ist die Wellenlinie von der angenommenen horizontalen durchschnittlich entfernt um

$$\varrho - \frac{\varrho^2}{2r}$$

sie liegt also durchschnittlich unter dem Mittelpunkte der obern Bahn um die Gröfse

$$\frac{\varrho^2}{2r}$$

In gleicher Art liegt die zweite Wellenlinie, die zur Bahn vom Radius $\varrho - \delta\varrho$ gehört, durchschnittlich um

$$\frac{\varrho^2 - 2 . \varrho . \delta\varrho}{2r}$$

unter dem Mittelpunkte dieser Bahn, und da der erste Mittelpunkt

um δz höher liegt, als der zweite, so ist der mittlere Höhenunterschied beider Wellenlinien gleich

$$\delta z - \frac{\varrho}{r}\,\delta\varrho$$

Der mittlere Werth von dx' ist aber

$$c\,.\,dt = r\,.\,d\varphi$$

also die elementare Fläche durchschnittlich

$$df = c\,.\,\delta z\,.\,dt - \varrho\,.\,\delta\varrho\,.\,d\varphi$$

daher mit dem obigen Ausdrucke genau übereinstimmend. Dieser Werth ist aber nicht nur der durchschnittliche, sondern der dauernde, der in Folge der geometrischen Bedingung sich nicht verändern darf.

Die erwähnte Bedingung führt noch zu einem andern höchst wichtigen Resultate. Die so eben untersuchten kleinen Flächen lassen sich für den obern und untern Scheitel der Wellenlinie sehr leicht bestimmen; nennt man nämlich Δ die Dicke der Schicht, so ist

für $\varphi = 0$, $\Delta = \delta z + \delta\varrho$ und $dx' = (r - \varrho)\,d\varphi$

für $\varphi = \pi$, $\Delta = \delta z - \delta\varrho$ und $dx' = (r + \varrho)\,d\varphi$

also $df = (\delta z + \delta\varrho)(r - \varrho)\,d\varphi = (\delta z - \delta\varrho)(r + \varrho)\,d\varphi$

Hieraus ergiebt sich

$$r\delta\varrho = \varrho\delta z$$

Man hat also eine sehr einfache Differenzial-Gleichung zwischen ϱ und z gebildet. Die Gröfse z darf man indessen nicht von unten nach oben zählen, weil ihr Anfangspunkt sonst in die unendliche Tiefe fallen, sie also unendlich grofs sein würde. Man mufs sie daher umgekehrt von oben nach unten messen und es empfiehlt sich, ihren Anfangspunkt in den Mittelpunkt derjenigen Bahn zu legen, deren Radius gleich r ist, die also die Wellenlinie als gewöhnliche Cycloïde darstellt. Hiernach wird δz negativ, und man hat

$$\delta z = -r\,\frac{\delta\varrho}{\varrho}$$

folglich $z = -r\,.\,\log\,.\,\mathrm{nat}\,.\,\varrho + \mathrm{Const.}$

Für $z = o$ ist aber $\varrho = r$, daher

$$z = r\,.\,\log\,.\,\mathrm{nat}\,.\,\frac{r}{\varrho}$$

oder $\varrho = r\,.\,e^{-\frac{z}{r}}$

Es ergiebt sich hieraus, dafs die Radien der unter einander liegenden kreisförmigen Bahnen immer kleiner, jedoch erst in unendlicher Tiefe gleich Null werden. Die zweite der obigen Vor-

aussetzungen, deren Richtigkeit nachträglich bewiesen werden sollte, ist also bereits durch die geometrische Betrachtung erwiesen.

Es kommt nunmehr darauf an, zu untersuchen, ob und unter welchen Bedingungen die vorstehend dargestellten Bewegungen den dynamischen Gesetzen entsprechen.

Jedes einzelne Wassertheilchen soll mit der constanten Geschwindigkeit $\varrho \frac{d\varphi}{dt}$ eine kreisförmige Bahn vom Radius ϱ durchlaufen. Dieses ist nur möglich, wenn alle einwirkende Kräfte mit Einschluſs der Centrifugal-Kraft sich gegenseitig aufheben. Diese Kräfte sind: die Schwere, die Centrifugal-Kraft und der Druck, den die nächst darunter belegene Wasserschicht auf das untersuchte Theilchen ausübt. Es ist indessen nicht nöthig, auf die beschleunigenden Kräfte zurückzugehn, vielmehr genügt es, die bewegenden Kräfte oder die Pressungen unmittelbar in Betracht zu ziehn.

Die Schwere wirkt vertikal abwärts. Das Gewicht des Wassertheilchens sei gleich dm.

Die Centrifugal-Kraft wirkt in der Richtung des Radius, also unter dem Winkel φ gegen das Loth. Sie ist gleich

$$\frac{\varrho^2 \cdot d\varphi^2}{2g\varrho \cdot dt^2} dm$$

$$= \frac{\varrho c^2}{2gr^2} dm$$

Zerlegt man dieselbe, so ist ihre Wirkung in der vertikalen Richtung, im ersten Quadranten der Schwere entgegengesetzt

$$= \frac{\varrho c^2}{2gr^2} \operatorname{Cos} \varphi \cdot dm$$

und in der horizontalen Richtung, übereinstimmend mit der Bewegung der Welle

$$= \frac{\varrho c^2}{2gr^2} \operatorname{Sin} \varphi \cdot dm$$

Der Druck der darunter befindlichen Wasserschicht, den ich vorläufig mit D bezeichne, ist durch die Bewegung derselben bedingt. Ruht ein Körper auf einer Unterlage, so drückt er dieselbe mit seinem vollen Gewichte, wenn sie keine vertikale Bewegung hat, oder wenn sie mit constanter Geschwindigkeit sich hebt oder senkt. Auch durch horizontale Bewegungen wird der Druck nicht verändert. Ist dagegen die vertikale Geschwindigkeit der Unterlage beschleunigt oder verzögert, so übt der Körper den

einen Druck aus, der gleich ist

$$\left(1 - \frac{d^2 y}{2g \cdot dt^2}\right) dm$$

Im vorliegenden Falle und zwar wieder für den ersten Quadranten der Bahn ist $d^2 y$ an sich negativ, da aber y aufwärts, also der Richtung der Schwere entgegen gemessen wird, so ändert sich nicht das Zeichen des zweiten Gliedes in der Parenthese. Wäre dm ein fester Körper, so würde dieser Druck lothrecht wirken, da der Körper aber flüssig ist, der Druck sich also in allen Richtungen äufsert, so ist er normal gegen die Oberfläche der Unterlage gerichtet, und vermehrt sich nach Maafsgabe der gröfsern Ausdehnung derselben, so dafs

$$D = \left(1 - \frac{d^2 y}{2g \cdot dt^2}\right) \frac{ds'}{dx'} \cdot dm$$

Indem die Pressungen der darüber befindlichen Schichten hierbei gar nicht berücksichtigt sind, so bezieht sich dieser Ausdruck vorläufig nur auf die in der Oberfläche befindliche Wasserschicht, und es bleibt der spätern Untersuchung vorbehalten, ob und welche Aenderungen in den tiefer belegenen Schichten eintreten. Der Druck, den das einzelne Wassertheilchen der obern Schicht auf die darunter befindliche Masse ausübt, ist aber eben so grofs, wie der Gegendruck, den sie von der letzteren erfährt. Dieser ist für den ersten Quadranten der Bahn schräge aufwärts und zwar der Bewegung der Welle entgegengerichtet.

Man führe nun für $d^2 y$, dt^2 und dx' deren Werthe, durch φ ausgedrückt, ein und nehme darauf Rücksicht, dafs das Zeichen von $d^2 y$ schon früher in Betracht gezogen ist, alsdann findet man

$$D = \frac{(2gr^2 - \varrho c^2 \operatorname{Cos} \varphi)\, ds'}{2gr^2 (r - \varrho \operatorname{Cos} \varphi)\, d\varphi}\, dm$$

folglich den vertikal aufwärts gerichteten Druck

$$\frac{dx'}{ds'} D = \frac{2gr^2 - \varrho c^2 \operatorname{Cos} \varphi}{2gr^2}\, dm$$

und den horizontalen Druck

$$\frac{dy'}{ds'} D = \frac{(2gr^2 - \varrho c^2 \operatorname{Cos} \varphi)\, \varrho \operatorname{Sin} \varphi}{2gr^2 (r - \varrho \operatorname{Cos} \varphi)}\, dm$$

Hiernach sind die drei verschiedenen bewegenden Kräfte oder Pressungen entwickelt, welche auf die einzelnen Wassertheilchen der Oberfläche einwirken, und sich gegenseitig aufheben müssen, wenn die Bewegungen, welche die geometrische Betrachtung ergab,

wirklich stattfinden können. Die vorstehende Untersuchung ist noch insofern einseitig geführt, als sie sich allein auf den ersten Quadranten der Bahn bezog und die Richtungen der Kräfte nur in der Art in Rechnung gestellt wurden, wie sie sich in diesem Falle ergaben. Wenn man indessen irgend einen andern Quadranten wählt, so überzeugt man sich leicht, dafs durch die Aenderung der Zeichen die Hauptresultate, zu denen ich nunmehr übergehe, nicht geändert werden, vielmehr die Summen in ganz gleichen Ausdrücken sich darstellen.

Die kreisförmige und gleichförmige Bewegung kann nur statt finden, wenn ganz unabhängig von dem Winkel φ die Summe der vertikalen Pressungen, wie auch die der horizontalen gleich Null ist.

Die Summe der vertikalen Pressungen ist nach den vorstehenden Entwickelungen und zwar aufwärts gezählt

$$-dm + \frac{\varrho c^2}{2gr^2} \operatorname{Cos}\varphi \,.\, dm + \frac{2gr^2 - \varrho c^2 \operatorname{Cos}\varphi}{2gr^2} dm$$

also an sich schon gleich Null.

Die Summe der horizontalen Kräfte in der Richtung der Bewegung der Welle ist dagegen

$$\frac{\varrho c^2}{2gr^2} \operatorname{Sin}\varphi \,.\, dm - \frac{2gr^2 - \varrho c^2 \operatorname{Cos}\varphi}{2gr^2 (r - \varrho \operatorname{Cos}\varphi)} \varrho \operatorname{Sin}\varphi \,.\, dm$$

Setzt man diesen Ausdruck gleich Null, so folgt

$$c^2 = 2gr$$

Dieses ist also die Bedingung, unter der die mechanischen Gesetze jene Bewegung gestatten.

Es kommt nun darauf an, zu untersuchen, in wiefern dieses Resultat noch auf die unter der Oberfläche liegenden Schichten Geltung hat. Dieses geschieht offenbar, sobald es sich herausstellt, dafs die oberste Schicht und jede folgende in ihrer ganzen Ausdehnung einen durchaus gleichen Druck auf die nächst darunter befindliche ausübt, also auf die Bewegung derselben keinen Einflufs hat.

Der Druck des in der Oberfläche befindlichen Theilchens dm wirkte auf die Länge ds' mit der Kraft D, also auf die Längeneinheit ist seine Wirkung

$$\frac{D}{ds'} = \frac{2gr^2 - \varrho c^2 \operatorname{Cos}\varphi}{2gr^2 (r - \varrho \operatorname{Cos}\varphi)} \cdot \frac{dm}{d\varphi}$$

und wenn man für c^2 den so eben gefundenen Werth $2gr$ einführt, ergiebt sich

$$\frac{D}{ds'} = \frac{dm}{r \cdot d\varphi}$$

Die Längeneinheit der nächst unter der Oberfläche liegenden Schicht erleidet daher einen Druck, der vom Winkel φ ganz unabhängig, also in der ganzen Wellenlänge derselbe ist. Der Druck der obern Schicht übt also keinen Einflufs auf die Bewegung der nächstfolgenden aus, und diese bewegt sich eben so frei, als wenn sie die obere wäre. Dasselbe tritt bei der dritten Schicht und jeder folgenden ein, und es ergiebt sich hieraus, dafs die gefundenen Gesetze für die ganze Wassermasse bis zur vorausgesetzten unendlichen Tiefe herab volle Gültigkeit haben. Hierdurch ist aber auch die Richtigkeit der ersten jener beiden Voraussetzungen, die ich vorläufig einführte, erwiesen, dafs nämlich jede einzelne Wasserschicht, die sich zunächst unter irgend einer Wellenlinie befindet, von der darüber befindlichen bewegten Wassermasse in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmäfsig gedrückt wird.

Hiernach erfolgt die Wellenbewegung bei unendlicher Tiefe in höchst einfacher Weise. Jedes einzelne Wassertheilchen durchläuft mit constanter Geschwindigkeit eine kreisförmige Bahn. Die Angular-Geschwindigkeiten der sämmtlichen Wassertheilchen sind gleich grofs, die absoluten Geschwindigkeiten sind dagegen dem Radius der jedesmaligen Bahn proportional. Diese Radien stehn in einer gewissen Beziehung zu der Höhenlage des Mittelpunktes der Bahn, sie sind also bei gleicher Tiefe auch gleich grofs, und verkleinern sich abwärts immer mehr, bis sie endlich in unendlicher Tiefe gleich Null werden, oder die Bahnen sich in Punkte zusammenziehn. Jene Wasserfäden bleiben also mit ihren Wurzeln an derselben Stelle des Meeresgrundes und neigen sich bei der Wellenbewegung nur hin und her.

Die in gleicher Tiefe befindlichen Wassertheilchen durchlaufen zwar gleiche Bahnen mit gleicher Geschwindigkeit, aber die Stellen, welche sie in denselben gleichzeitig einnehmen, sind verschieden. In der Richtung der Bewegung der Welle gezählt, ist der Centriwinkel, den das betreffende Theilchen in seiner Bahn gegen das Loth bildet, etwas kleiner, als er in der nächst zurückliegenden Bahn in demselben Zeitmomente ist. Die Curve, welche diese Theilchen in ihrer Verbindung darstellen, ist demnach eine Cycloïde, und zwar jedesmal eine gestreckte. Sie könnte zwar auch eine ge-

wöhnliche Cycloïde sein, doch kommt dieses niemals vor. Eine überhöhte Cycloïde ist unmöglich, weil in diesem Falle die Bahnen je zwei zunächst liegender Theilchen in den obern Scheiteln sich durchkreuzen müfsten.

Es dürfte sich empfehlen, die analytischen Ausdrücke, von denen die Wellenbewegung bei unendlicher Tiefe abhängt, zusammenzustellen und zu vervollständigen. Die Bedeutung der darin vorkommenden Bezeichnungen ist folgende.

r ist der Radius des Kreises, von dem die Wellenlänge abhängt, und der die Welle als gewöhnliche Cycloïde darstellen würde. In gewisser Tiefe darunter gehören die kreisförmigen Bahnen zum Radius ϱ, diese Tiefen z werden zwischen den betreffenden Mittelpunkten gemessen, so dafs sie von der Horizontalen, die durch die Mittelpunkte der mit r beschriebenen Bahnen gezogen ist, abwärts zählen. Ferner ist c die Geschwindigkeit der Welle, v die Geschwindigkeit eines Wassertheilchens, das die mit dem Radius ϱ beschriebene Bahn durchläuft, λ die Länge der Welle von einem obern Scheitel bis zum andern, und τ die Periode der Welle oder die Anzahl der Secunden, in der eine volle Welle an einem festen Punkte vorüberläuft. Endlich bezeichnet g den in der ersten Secunde durchlaufenen Raum eines frei fallenden Körpers (für Berlin ist $g=15{,}63245$ Rheinländische Fufs nach der Preufsischen Maafsbestimmung) und e ist die Grundzahl des natürlichen Logarithmen-Systems.

Hiernach ist

$$\lambda = 2 r \pi$$

$$z = r \,.\, \log . \text{nat} \frac{r}{\varrho}$$

$$\varrho = r \,.\, e^{-\frac{z}{r}}$$

$$c = \sqrt{2 g r} = \sqrt{\frac{g \lambda}{\pi}}$$

$$\tau = \frac{\lambda}{c} = \sqrt{\frac{2 r}{g}} \,.\, \pi = \sqrt{\frac{\lambda \pi}{g}}$$

$$v = \varrho \frac{c}{r}$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{c}{r}$$

der letzte Ausdruck bezeichnet die Angular-Geschwindigkeit, die allen Wassertheilchen gemeinsam ist.

Um diese Bewegungen anschaulich zu machen, sind auf Taf. II

die Wege der einzelnen Wassertheilchen sowie auch die Formen und Veränderungen der Wasserfäden dargestellt. Fig. 9 zeigt die Bahnen, welche die zu demselben Wasserfaden gehörigen einzelnen Theilchen durchlaufen. Der oberste, gröfste Kreis ist mit dem willkührlich angenommenen Radius r beschrieben. Vom Mittelpunkte dieses Kreises ab werden die Tiefen z gemessen, die sich jedesmal bis zu dem Mittelpunkte des betreffenden Kreises erstrecken. Der zu dem letzteren gehörige Radius ϱ ist nach der vorstehenden Formel berechnet. Es ergiebt sich aus dieser Figur, wie schnell die Radien in der Nähe der Oberfläche kleiner werden, während sie in gröfserer Tiefe viel langsamer abnehmen.

Wenn nun, während alle diese Bahnen gleichmäfsig von den einzelnen Theilchen eines Wasserfadens durchlaufen werden, eine Ebene mit derselben Geschwindigkeit fortgezogen wird, mit der die Welle sich bewegt, so zeigt Fig. 10 die Wege, welche alle diese Wassertheilchen längs einer solchen Ebene beschreiben. Die oberste Linie, welche die gewöhnliche Cycloïde ist, kommt in der Wirklichkeit nie vor, aber auch die hier dargestellte nächste Wellenlinie zeigt sich wohl niemals, vielmehr sind die Wellen stets flacher. Die Abstände z sind in Figur 9 und 10 so gewählt worden, dafs die zwischen je zwei Wellenlinien eingeschlossenen Flächen gleich grofs sind.

Fig. 11 deutet die Richtungen an, in welchen die einzelnen Wassertheilchen in einer Welle sich bewegen, während die Richtung, in der die Welle fortschreitet, durch den gröfseren Pfeil angegeben ist. Man bemerkt, wie die Richtungen der Bewegungen im obern und im untern Scheitel einander entgegengesetzt sind und wie sie allmählig in einander übergehn. Besonders ergiebt sich aber aus dieser Figur, wie sehr der Wind die Wellenbildung begünstigen und verstärken kann, wenn die Richtungen beider mit einander übereinstimmen. So lange die Geschwindigkeit des Windes noch gröfser ist, als die der Welle, so beschleunigt er im obern Scheitel, der seiner Einwirkung am meisten ausgesetzt ist, die horizontale Bewegung der hier befindlichen Wassertheilchen. Die ansteigende Fläche der hintern Böschung, und namentlich die obere Hälfte derselben trifft er gleichfalls, und drückt sie abwärts, wodurch er wieder die Bewegung der hier befindlichen Wassertheilchen befördert. Wo aber diese Bewegungen ihm entgegengekehrt sind, er

also dieselbe schwächen oder aufheben würde, da befindet sich die Oberfläche schon im Schutze der nachfolgenden Welle, sein Druck auf diese Theilchen bleibt also sehr geringe, oder kommt vielleicht gar nicht zur Wirksamkeit.

Fig. 12 zeigt die verschiedenen Stellungen, welche ein Wasserfaden beim Vorübergange einer Welle nach und nach einnimmt, und zwar ist derselbe so weit nach oben verlängert, dafs er die gewöhnliche Cycloïde, also die obere Linie in Fig. 10 als Wellenlinie darstellen würde. So lange das Wasser sich in Ruhe befand, stand er senkrecht und zwar reichte er bis nahe an den Mittelpunkt des Kreises herauf, den sein oberes Ende beschreibt. Während der Wellenbewegung verlängert und verkürzt er sich abwechselnd und neigt sich nach vorn und nach hinten, wie die verschiedenen Linien der Figur angeben. Um seine Stellungen deutlicher erkennen zu lassen und um Verwechselungen vorzubeugen, sind die fünf Linien, welche den Faden auf seinem Rückgange zeigen, punktirt angegeben, die sämmtlichen Linien bezeichnen aber nur die Mittellinien des Fadens ohne Rücksicht auf seine Breite, oder auf die Fläche, die er einnimmt.

Fig. 13 endlich zeigt die sämmtlichen Wasserfäden, wie sie in demselben Zeitmomente in der ganzen Ausdehnung einer Welle sich gestalten, und wenn man davon absieht, dafs diese Fäden eine unendlich kleine Breite oder Dicke haben, so ist jeder Faden durch die Fläche zwischen je zwei Linien angedeutet. Man bemerkt hier, dafs die Fäden, welche den obern Scheitel der Welle bilden, in dem untern Theile der Zeichnung etwas schmaler sind, als diejenigen, die zum untern Scheitel gehören. Höchst auffallend giebt sich diese Verschiedenheit aber in der Nähe der Oberfläche zu erkennen. Die Figur mufste sogar mit einer gestreckten Cycloïde abgeschlossen werden, weil die Fäden sonst im obern Scheitel in scharfe Spitzen ausgelaufen und die Scheidungslinien zusammengefallen wären. Die hier dargestellten verschiedenen Fäden bezeichnen aber auch die verschiedenen Formen und Stellungen, welche derselbe Faden nach und nach einnimmt. Man denke eine Wellenlänge λ in soviel Theile getheilt, als die Periode der Welle τ Zeitelemente dt enthält. Und vor dem Beginne der Wellenbewegung, also zur Zeit, wo alle Fäden senkrecht standen und gleich lang, folglich auch gleich breit waren, seien sie durch lothrechte Scheidungslinien von einander getrennt

worden. Tritt alsdann die Wellenbewegung ein, so bleiben diese Fäden noch immer von einander getrennt und jeder einzelne behält sein ursprüngliches Volum, während er an die beiden benachbarten sich überall anschliefst. Wie er sich verlängert oder verkürzt, mufs seine Breite in entsprechender Weise ab- oder zunehmen. Letzteres geschieht aber nicht gleichmäfsig in der ganzen Höhe, vielmehr tritt diese Veränderung vorzugsweise in der Nähe der Oberfläche ein. Die Breite jedes Fadens vor dem Eintritt der Wellenbewegung war gleich cdt. Nimmt man nun an, dafs diese in Fig. 13 dargestellte Ebene, der Richtung der Wellenbewegung entgegen mit der Geschwindigkeit c fortgeschoben wird, so dafs sie also in jedem Zeitelemente dt um die ursprüngliche Breite eines Fadens, also um cdt zurückgeht, so rückt derselbe Faden jedesmal an die Stelle, welche die Figur für den nächst folgenden zeigt, und die verschiedenen Stellungen und Verbreitungen oder Verengungen, die derselbe Faden nach und nach annimmt, kann man daher in dieser Figur erkennen. Die Figur umfafst indessen keineswegs diese Veränderungen vollständig, vielmehr setzen sie sich noch weiter abwärts fort, obwohl sie hier immer geringer werden. Beim Vorübergange eines obern oder untern Wellenscheitels befindet sich die Mittellinie des Fadens an ihrer ursprünglichen Stelle und steht senkrecht. An allen zwischen liegenden Punkten rückt indessen der Fufs des Fadens, wie die Figur zeigt, nach der einen oder der andern Seite, und neigt sich zugleich vor- oder rückwärts, wie dieses sich auch aus Figur 12 ergiebt.

Die vorstehende mitgetheilte Wellentheorie rührt von Franz Gerstner in Prag her, der sie bereits vor 60 Jahren bekannt machte.*) Die Herleitung, die er wählte, ist indessen von der hier gegebenen wesentlich verschieden, denn zunächst entwickelt Gerstner seine Theorie nicht für die fortschreitenden, sondern für die stehenden Wellen, wie sich solche unterhalb starker Wasserstürze mehr oder weniger auffallend zu bilden pflegen (Handbuch der Wasserbaukunst II. Theil, II. Band. Seite 435). In solchen bleibt die Wellenform unverändert an derselben Stelle, die Wassermasse dagegen [illegible]

*) Theorie der Wellen. In den Abhandlungen der Königl. Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften für [illegible]. Auch [illegible] [illegible] Prag [illegible] und in Gilbert's Annalen. Band [illegible] und in Weber's Wellenlehre [illegible] aufgenommen.

grofser Geschwindigkeit zufliefst, wird plötzlich gehemmt, schwillt daher stark an und diese Anschwellung veranlafst demnächst wieder einen beschleunigten Abflufs, so dafs eine zweite, auch wohl eine dritte und vierte schwächere Welle sich bildet. Die Erscheinung ist also unbedingt der vorstehend untersuchten analog und der Unterschied beruht darin, dafs in diesem Falle die Welle unverrückt stehn bleibt und die Wassermasse, bald verzögert bald beschleunigt, die Querschnitte zwischen den einzelnen Wellenlinien Fig. 10 durchläuft. Die Uebertragung der in solcher Art gefundenen Gesetze auf die Erscheinung der fortschreitenden Wellen ist indessen nicht vollständig motivirt. Aufserdem aber erregt die nicht gehörig begründete Voraussetzung Bedenken, dafs die Oberfläche jeder einzelnen Schicht, oder jede einzelne Wellenlinie durchweg einem gleich starken Drucke ausgesetzt sei. Gerstner sagt, die Linien, welche gleichem Drucke ausgesetzt sind, bezeichnen zugleich die Wege, in welchen die Wassertheilchen sich bewegen, denn, wenn ein Theilchen von dieser Linie abweichen sollte, so würde eine Kraft vorhanden sein müssen, welche dieses Verschieben bewirkte, und sonach würde der Druck von beiden Seiten nicht gleich grofs sein. Dafs dieses Räsonnement bereits von andrer Seite nicht für zutreffend erachtet ist, führt auch Weber an. Die vorstehende Auffassung und Erörterung der ganzen Erscheinung dürfte daher unmittelbarer geführt und vollständiger begründet sein. Jedenfalls hat Gerstner das Verdienst, die Aufgabe gelöst zu haben, ohne dafs er die Bedingung unendlich niedriger Wellen einführte. Airy ist in neuerer Zeit *) genau zu denselben Resultaten für Wellenbewegung bei unendlicher Tiefe gelangt und zwar auf einem strenge systematischen Wege, doch bezieht sich seine Untersuchung nur auf Wellen von unendlich kleiner Höhe, er geht also von einer Voraussetzung aus, die in diesem Falle nicht nöthig war.

Indem die entwickelten Gesetze der Wellenbewegung nur für unendliche Wassertiefen gelten, so dürfte es nicht befremden, wenn sie an die Beobachtungen sich nicht anschliefsen, weil diese jedesmal bei endlicher und oft sogar bei sehr geringer Tiefe angestellt sind. Nichts desto weniger zeigen sie eine Uebereinstimmung, wie man sie bei der Unsicherheit der Messungen und der

*) Airy, Tides and Waves. Encyclopädia metropolitana. Vol. V. pag. 282 ff.

s-Apparate irgend erwarten kann. Es ergiebt sich also, dafs gefundenen Gesetze, soweit sie die Bewegung der obern Wasserhten betreffen, auch bei endlicher Tiefe gelten. In welcher e die Bewegung in der Nähe des Bodens erfolgt, bleibt der rn Untersuchung vorbehalten. Ich werde zunächst alle Betungen, die mir bekannt geworden sind, mittheilen.

Weber benutzte zwei Glaskasten oder Wellenrinnen, wie nannte, in denen er die Wellen erregte. Die gröfsere Rinne, lcher die wichtigeren Beobachtungen angestellt wurden, war s lang, 2½ Fufs hoch und 1,12 Zoll weit. Sie wurde 22 bis ll hoch mit Wasser angefüllt, und die Wellen wurden dadurch , dafs an einem Ende eine Röhre von 0,48 Zoll Weite 9 Zoll ngetaucht, alsdann in der obern Oeffnung geschlossen und die Oberfläche gehoben wurde. Sobald man nun die obere ng plötzlich frei werden liefs, so stürzte der Wassercylinder und veranlafste die Wellenbewegung. Es war dafür gesorgt ı, dafs sehr kleine Körperchen reichlich im Wasser schwebten, e Bewegungen, die sie machten, wurden gemessen. Die Rewaren:

Tiefe unter der Oberfläche.	vertikaler Durchmesser der Bahn.	horizontaler Durchmesser der Bahn.
1 Linie	0,8 Linien	1,14 Linien
3 Zoll	0,4 -	0,75 -
6 Zoll	0,32 -	0,60 -
9 Zoll	0,20 -	0,40 -
12 Zoll	0	0,40 -
15 Zoll	0	0,30 -
18 Zoll	0	0,42 -
21 Zoll	0	0,60 -

ie in verschiedenen Tiefen schwebenden Theilchen bewegen so in gewissen Bahnen, die an der Oberfläche am gröfsten ıach dem Boden hin aber kleiner werden. Sehr bedeutende elmäfsigkeiten zeigte diese Beobachtung unverkennbar, namentder Zunahme der horizontalen Durchmesser in den gröfsten . Aufserdem findet eine wesentliche Abweichung gegen die enen Gesetze in sofern statt, als die Bahnen nicht kreis-, sondern flach elliptisch sind. Diese Anomalien dürfen innicht befremden, da in dem Apparate und bei der gewählten

Art der Anregung die Wellenbewegung sich nicht regelmäfsig einstellen konnte. Die sehr geringe Breite der Rinne war gewifs von nachtheiligem Einflufs. Der Wassercylinder stürzte nämlich lothrecht herab, er hatte also eine Bewegung, die sich der Wellenbewegung nicht anschlofs, und konnte daher diese nur unregelmäfsig darstellen. Ein grofser Uebelstand war es endlich, dafs jedesmal nur eine einzige mefsbare Welle dargestellt wurde. Nach den Zeichnungen, in denen Weber die Wege der schwebenden Theilchen angiebt, erhielten dieselben einen überwiegenden Impuls in horizontaler Richtung, so dafs sie nach Vollendung des Umlaufes nur etwa auf die halbe Länge des in dieser Richtung durchlaufenen Weges zurückkehrten. Aus der Röhre flossen jedesmal 1,6 Cubikzoll Wasser aus, diese mufsten bei ihrer Verbreitung in der Rinne die nächsten Wasserfäden um 0,72 Linien, und die in der Mitte der Rinne befindlichen Fäden, auf welche die Beobachtung sich bezog, nahe um jene 0,4 Linien versetzen, welche in den Messungen annähernd sich immer wiederholen. Wenn sonach diese Beobachtungen auch keineswegs die obigen Gesetze bestätigen, so deuten sie doch mit Rücksicht auf die erwähnten störenden Einflüsse den Eintritt der entwickelten Bewegungen ungefähr an.

Viel wichtiger sind die Beobachtungen, welche hin und wieder im offenen Meere und in Meeresbuchten an Wellen angestellt sind. Die Messungen betreffen aufser der Höhe der Wellen oder 2ϱ, ihre Längen oder λ und ihre Geschwindigkeiten c. Die beiden letzten Gröfsen lassen sich noch am genauesten ermitteln, obwohl auch hierbei eine grofse Sicherheit gewifs nicht erreicht werden kann, da namentlich in der Bucht von Plymouth das bereits oben erwähnte plötzliche Verschwinden der Wellen und das Auftreten von neuen Systemen sehr auffallend in kurzen Zwischenzeiten sich immer wiederholte.

William Walker*) stellte in der Bai von Plymouth bei Wassertiefen von 39 bis 48 Fufs Rheinländisch vierzehn Beobachtungen an, wobei die Längen der Wellen 107 bis 447 Fufs und die Geschwindigkeiten 19,7 bis 44,7 Fufs Rheinl. betrugen. Berechnet man die Längen der Wellen aus den Geschwindigkeiten, so findet man sie meist kleiner, als die beobachteten, in drei Fällen aber gröfser, und

*) The Civil Engineer and Architect's Journal. 1846. Pag. 109.

zwar in einem Falle sogar um 30 Procent. Nach allen Beobachtungen sind die berechneten Wellenlängen durchschnittlich um 11 Procent kürzer, als sie gemessen waren.

Bei einer Ueberfahrt über den Atlantischen Ocean stellte Stanley*) auf dem Kgl. Schiffe Rattlesnake bei heftigem Winde und grofsentheils nach vielfach wiederholten Schätzungen, die unter sich um 30 Procent und mehr abwichen, sieben vollständige Beobachtungen an. Die Wellenlängen betrugen 192 bis 332 Fufs und die Geschwindigkeiten 36 bis 45 Fufs Rheinländisch. Berechnet man die ersteren aus den Geschwindigkeiten, so stellen sie sich in allen Fällen zu grofs heraus, nämlich um 11 bis 34, durchschnittlich um 27 Procent.

Endlich theilt Scoresby**) eine Beobachtung mit, die er gleichfalls im Atlantischen Ocean gegen das Ende eines ungewöhnlich heftigen Sturmes anstellte, der 36 Stunden angehalten hatte. Die Wellen waren durchschnittlich 26 Fufs, zuweilen 30 Fufs hoch. Ihre Geschwindigkeit giebt er zu 46,5 und ihre Länge zu 534 Fufs an, Alles auf Rheinländisches Maafs reducirt. Berechnet man die Länge aus der Geschwindigkeit, so findet man sie nur 435 Fufs, also um 19 Procent zu klein.

Diese sämmtlichen Beobachtungen vertheilen sich also nach beiden Seiten um die Resultate, zu welchen die obige Formel führt, und wenn man den Durchschnitt aus allen nimmt, so schliefsen sie sich sehr annähernd daran an. Eine grofse Uebereinstimmung war aber wegen der Unsicherheit der Messungen namentlich auf einem in der Fahrt begriffenen Schiffe nicht zu erwarten.

Ich führe noch eine Beobachtung an, die der Lootsen-Commandeur Knoop mit grofser Vorsicht und unter viel günstigeren Umständen auf dem Haffe in der Nähe von Swinemünde anstellte. Die Tiefe war daselbst 14 Fufs. Es wurden zwei Festpunkte gebildet, der eine durch die tief und sicher eingesteckte Peilstange und der andere durch ein vor zwei Draggern liegendes Boot. Letzteres wurde soweit zurückgezogen, dafs ein freier Zwischenraum bis zur Stange von 80 Fufs blieb, wie die darüber ausgezogene Logleine ergab. Von einem Dampfboote aus, das zur Seite ankerte, wurden die

*) The Civil Engineer and Architect's Journal. 1848. Pag. 310.
**) The Civil Engineer and Architect's Journal. 1850. Pag. 300.

Zeiten beobachtet, in welchen derselbe Wellenscheitel von der Spitze des Bootes nach der Peilstange lief. Nach 22 einzelnen Beobachtungen geschah dieses in $6\frac{1}{2}$ bis 8 Secunden, durchschnittlich in 7,205 Secunden. Die Geschwindigkeit der Wellen war also 11,104 Fufs. Die Länge einer Welle oder der Abstand zweier Scheitel liefs sich gleichfalls vom Dampfboote aus, sowol gegen die bekannte Länge des Bootes, als auch an der eingetheilten Logleine sehr sicher beurtheilen, und ergab sich aus wiederholten Vergleichen gleich 25 Fufs. Berechnet man die Wellenlänge aus der Geschwindigkeit, so findet man $\lambda = 24{,}776$, also sehr genau übereinstimmend.

Es bestätigt sich daher die vorstehend entwickelte Wellentheorie durch die Erfahrung selbst wenn die Wassertiefen nur mäfsig sind. Man mufs aber annehmen, dafs in der Nähe des Grundes ein Uebergang in eine andre abweichende Bewegung statt findet, welche auf die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und Länge der Welle keinen Einflufs hat.

Ein sehr wichtiger Umstand ist bisher nicht berührt worden, nämlich die Frage, in welchem Maafse die Wellen sich ausbilden, oder welches Verhältnifs zwischen der Länge und Höhe der Wellen, also zwischen 2ϱ und λ sich darstellt. Wäre die Wellenlinie eine gewöhnliche Cycloïde, in welchem Falle ϱ oder der Radius der Bahnen, in denen die Theilchen der Oberfläche sich bewegen, gleich r wäre, so würde die Höhe zur Länge sich wie $1:\pi$ verhalten. Solche Höhe erreicht die Welle aber niemals. Jenes Verhältnifs stellt sich vielmehr im äufsersten Falle nach den vorstehend erwähnten Beobachtungen von Stanley wie 1 : 12, gemeinhin ist es noch kleiner und nach der sorgfältigen Messung von Scoresby nur wie 1 : 20.

Wenn der Wind dem Wasser eine gewisse lebendige Kraft mittheilt, so können die verschiedensten Wellenlängen sich bilden, und die Vermuthung liegt nahe, dafs ein solches System sich wirklich darstellen wird, bei dem die gegenseitige Reibung der Wasserfäden an einander in einer vollen Wellenlänge vergleichungsweise gegen die derselben Wassermasse mitgetheilte lebendige Kraft ein Minimum ist. Ich habe diese Rechnung in der bereits oben angeführten academischen Abhandlung mitgetheilt. Die lebendige Kraft fand ich

$$L = c^2 \varrho^2 \pi$$

und die Reibung

$$R = \frac{4}{9} \cdot \frac{kc}{r^3} \varrho^3$$

wobei ich nach meinen früheren Untersuchungen*) voraussetzte, die Reibung sei gleich dem Producte aus der reibenden Fläche in die erste Potenz der relativen Geschwindigkeit, multiplicirt mit einem constanten Faktor k. Diese Werthe ergaben aber, dafs jenes Minimum eintritt, wenn ϱ, also die Höhe der Wellen, unendlich klein, oder r, also die Länge der Wellen, unendlich grofs wird. Dieses erklärt sich dadurch, dafs gerade in diesem Falle das Ueberneigen der Fäden, welches die stärkste relative Bewegung veranlafst, unmerklich klein wird.

Hierin liegt gewifs der Grund, weshalb die Wellenlinien so weit von der gewöhnlichen Cycloïde abweichen, jedenfalls ist aber die Geschwindigkeit des Windes von überwiegendem Einflusse auf diesen Theil der Erscheinung. Der Wind verstärkt nach und nach die Wellen, wie schon oben gezeigt ist, die Geschwindigkeit der Wellen kann also nie gröfser, als die des Windes werden und sie wird sogar immer bedeutend hinter dieser zurückbleiben, weil durch die verschiedenartigen Wellensysteme, die gleichzeitig auftreten, und durch die Reibung ein grofser Theil der Kraft zerstört wird. Man nimmt an, dafs bei Orkanen die Geschwindigkeit des Luftstromes bis 100 Fufs beträgt, ist sie aber auch nur halb so grofs, so ist der Wind schon sehr stark, wie man sich leicht überzeugen hann, wenn man auf einer Locomotive steht, die in der Stunde 7 Deutsche Meilen zurücklegt, und nahe diese Geschwindigkeit hatten die Wellen nach Scoresby's Messung. Durch die Geschwindigkeit ist die Länge der Welle gegeben, und deren Höhe bildet sich in dem Maafse aus, dafs die Bewegung, abgesehn von der Reibung und andern Verlusten, die lebendige Kraft aufnimmt, welche der Wind dem Wasser mittheilt.

Um die Wellenbewegung bei unendlicher Tiefe an einem Beispiele zu erläutern, wähle ich Wellen, die zu den stärkeren gehören, die Stanley beobachtete, die aber doch bedeutend schwächer waren, als die von Scoresby gemessenen. Die Wellenlänge sei

*) Ueber den Einflufs der Temperatur auf die Bewegung des Wassers in Röhren, in den Abhandlungen der Kgl. Academie der Wissenschaften. Berlin, 1854.

gleich 300 Fuſs und die Höhe der Welle oder die Erhebung des obern Scheitels über den untern gleich 20 Fuſs, also

$$\lambda = 300$$
$$\varrho = 10$$

Hieraus ergiebt sich die Geschwindigkeit der Welle

$$c = 38,637$$

Die Welle legt demnach in der Stunde 5¼ Deutsche Meilen zurück, oder sie läuft so schnell, wie ein gewöhnlicher Personenzug auf der Eisenbahn. Die Wassertheilchen in der Oberfläche haben dagegen nur die Geschwindigkeit von 8,0920 Fuſs in der Secunde, oder von 1¼ Meilen in der Stunde. Diese Theilchen bewegen sich aber in kreisförmigen Bahnen, daher in den obern Wellenscheiteln, übereinstimmend mit der Richtung des Windes, und in den untern, derselben entgegengesetzt. Die Geschwindigkeiten wechseln in allmähligen Uebergängen und stellen sich nach 7¾ Secunden wieder wie früher dar, indem

$$\tau = 7,7646 \text{ Secunden.}$$

Ferner ist $r = 47,747$ Fuſs

und aus r und ϱ findet man die Höhenlage des Mittelpunktes desjenigen Kreises, der die volle Cycloïde darstellen würde, nämlich

$$s = 74,643 \text{ Fuſs.}$$

Der Spiegel des Meeres müſste also um dieses Maaſs erhöht werden, wenn die scharf auslaufenden obern Scheitel sich zeigen sollten, durch welche die gewöhnliche Cycloïde sich von der gestreckten unterscheidet. Diese Scheitel würden sich aber 95½ Fuſs über die dazwischen liegenden untern Scheitel erheben, oder dieses würde die ganze Wellenhöhe sein.

Endlich ist noch die Abnahme der Bewegung bei gröſserer Tiefe zu untersuchen. Iu der Oberfläche durchlaufen die Wassertheilchen Bahnen, deren Radien 10 Fuſs messen, sie bewegen sich also auf und ab und hin und her um 20 Fuſs. In der Tiefe von 50 Fuſs ist dagegen ϱ nur noch 3,5092 oder die hin und her gerichtete Bewegung hat sich schon auf 7 Fuſs ermäſsigt. In der Tiefe von

100 Fuſs	ist ϱ =	1,2315 Fuſs
200 -	=	0,1516 -
300 -	=	0,0186 -
400 -	=	0,0023 -
500 -	=	0,0003 -

Die Bewegung vermindert sich daher in der Tiefe von 200 Fufs schon auf Schwankungen von 3½ Zoll, die bei der langen Periode der Welle kaum noch zu bemerken sein möchten. Indem dieses Beispiel sich aber auf einen heftigen Sturm bezieht, so erklärt es sich, dafs Taucher schon in der Tiefe von etwa 30 Fufs einen mäfsigen Wellenschlag der Oberfläche nicht mehr empfinden.

§. 3.

Wellen auf Wasserflächen von geringer, aber constanter Tiefe.

Unter den verschiedenen Untersuchungen über die Bewegung der Wellen auf Wasserflächen von endlicher Tiefe mufs vorzugsweise die bereits erwähnte Abhandlung des Englischen Astronomen Airy (Tides and Wawes) genannt werden, welche den Gegenstand strenge wissenschaftlich behandelt, auch nach der Ansicht des Verfassers zu Resultaten führt, die mit den von Scott Russell angestellten Beobachtungen, die ich später berühren werde, genügend übereinstimmen. Dabei ist jedoch die Voraussetzung eingeführt, dafs die Wellen nur eine unendlich kleine Höhe haben, und hiedurch wird die Bedingung der Continuität, die jedenfalls vorzugsweise berücksichtigt werden mufs, so untergeordnet, dafs die Verhältnisse sich ganz anders gestalten, als bei Wellen von mefsbarer Höhe. Indem aber selbst auf sehr flachen Gewässern Wellen von merklicher Höhe sich regelmäfsig ausbilden, so folgt hieraus, dafs auch diese bestimmten Gesetzen folgen. Die von Airy hervorgehobene Uebereinstimmung seiner Theorie mit jenen Beobachtungen ist aber sehr zweifelhaft, Scott Russell bestreitet dieselbe und meint, seine Beobachtungen seien zu diesem Zwecke ganz willkührlich nach verschiedenen Methoden verändert worden.

Airy findet, dafs die unter einander liegenden Bahnen, welche die einzelnen Elemente desselben Wasserfadens durchlaufen, Ellipsen sind, die sämmtlich gleiche absolute Excentricität haben, oder in denen die beiden Brennpunkte jedesmal gleich weit von einander entfernt sind, so dafs die horizontale halbe Achse α am Boden des Bassins gleich ε wird, während die vertikale halbe Achse hier verschwindet. Aufserdem soll, wenn man die bekannten Gleichungen der Ellipse

$$x = \alpha \operatorname{Sin} \varphi$$
$$y = \beta \operatorname{Cos} \varphi$$

zum Grunde legt, in jeder einzelnen Bahn der Winkel φ, oder die excentrische Anomalie, der Zeit entsprechend wachsen, so dafs $\frac{d\varphi}{dt}$ constant ist.

Vergleicht man diese Resultate mit der geometrischen Bedingung, indem man die Untersuchung in derselben Weise wie oben führt, so ergeben sich auffallende Widersprüche.

Ein kleiner Theil des Fadens durchlaufe die dünne Schicht, die zwischen zwei Wellenlinien eingeschlossen ist, von denen die obere von einer elliptischen Bahn herrührt, deren halbe Achsen α und β sind, die untere dagegen von einer, die $\alpha - \delta\alpha$ und $\beta - \delta\beta$ zu halben Achsen hat. Die mechanischen Bedingungen ergeben nun, dafs beide Bahnen nicht in gleichen Zeiten durchlaufen werden, dafs vielmehr der Winkel φ, wenn er für die obere 2π geworden ist, für die untere noch nicht diese Gröfse erreicht hat, also um $\delta\varphi$ kleiner ist. Der Winkel φ', der für die letzte gilt, ist daher jederzeit

$$\varphi' = \varphi - \frac{\varphi}{2\pi}\,\delta\varphi$$

Man findet hiernach die Coordinaten der obern Wellenlinie

$$x' = ct - \alpha \operatorname{Sin} \varphi$$
$$y' = \beta \operatorname{Cos} \varphi$$

und die der untern

$$x'' = ct - (\alpha - \delta\alpha) \operatorname{Sin} \varphi'$$
$$y'' = (\beta - \delta\beta) \operatorname{Cos} \varphi'$$

Hierdurch werden die Punkte bezeichnet, welche nach Verlauf der Zeit t gleichzeitig von beiden Bahnen berührt werden, vorausgesetzt, dafs in der Zeit $t = o$ beide Endpunkte des Elementes in den obern Scheiteln ihrer Bahnen sich befanden.

Das untersuchte Wassertheilchen nimmt nun jedesmal einen Theil der Schicht ein, dessen horizontale Länge gleich dx', und dessen vertikale Höhe gleich

$$\delta z + (y' - y'') - (x'' - x') \operatorname{tgt} \psi$$

ist, wenn ψ den Winkel bezeichnet, den die Wellenlinie an dieser Stelle mit dem Horizont macht. Mit Rücksicht auf das Zeichen von dy' ist

$$\operatorname{tgt} \psi = -\frac{dy'}{dx'}$$

das Flächenelement ist daher

$$df = (\delta z + y' - y'')\, dx' + (x'' - x')\, dy'$$

Der Einfachheit wegen vergleiche man nur die Flächen an den Endpunkten der Achsen mit einander.

I. für $\varphi = o$ ist $df = (\delta z + \delta\beta)(c\,dt - \alpha\, d\varphi)$

II. für $\varphi = \pi$ $df = (\delta z - \delta\beta)(c\,dt + \alpha\, d\varphi)$

III. für $\varphi = \frac{1}{2}\pi$ $df = (\delta z - \frac{1}{4}\beta\,\delta\varphi)\, c\,dt - \beta\,\delta\alpha\, d\varphi$

IV. für $\varphi = \frac{3}{2}\pi$ $df = (\delta z + \frac{1}{4}\beta\,\delta\varphi)\, c\,dt - \beta\,\delta\alpha\, d\varphi$

Die Ausdrücke I und II vereinigen sich, wenn

$$\delta\beta = \frac{\alpha\, d\varphi}{c\,dt}\,\delta z$$

und sie geben alsdann

$$df = c\,dt\,.\,\delta z - \alpha\,\delta\beta\,.\,d\varphi$$

Die Ausdrücke III und IV sind nur in Uebereinstimmung zu bringen, wenn

$$\beta\, c\,dt\,.\,\delta\varphi = o$$

das heifst wenn $\delta\varphi = o$, oder wenn im Widerspruch zur mechanischen Bedingung die Winkel φ in beiden Bahnen stets gleich grofs bleiben. Alsdann erhält man

$$df = c\,dt\,.\,\delta z - \beta\,\delta\alpha\,.\,d\varphi$$

Verbindet man diesen Werth von df mit dem aus I und II gefundenen, so folgt

$$\alpha\,\delta\beta = \beta\,\delta\alpha$$

$$\frac{\delta\beta}{\beta} = \frac{\delta\alpha}{\alpha}$$

folglich $$\beta = n\,.\,\alpha$$

wo n irgend eine constante Zahl ist, die auch gleich 1 sein kann. Sobald β gleich Null wird, so mufs auch α verschwinden.

Führt man in die Gleichung

$$\alpha\,\delta\beta = \beta\,\delta\alpha$$

die Werthe $$\delta\beta = \frac{\alpha\, d\varphi}{c\,dt}\,.\,\delta z = \frac{\alpha}{r}\,\delta z$$

und $$\beta = \alpha$$

ein, so kommt man wieder auf die oben hergeleitete Differenzialgleichung

$$\delta z = r\,\frac{\delta\alpha}{\alpha}$$

woraus sich die Beziehung zwischen dem Radius α und der Wassertiefe z für Wellen von unendlicher Tiefe ergiebt.

Wenn man also, wie Airy gethan, die Wassertiefe endlich, die Wellenhöhe aber unendlich klein annimmt, so ist das Resultat dasselbe, als wenn man jene unendlich grofs und diese endlich angenommen hätte. Die Bewegung erfolgt aber, wie meine Beobachtungen sehr augenfällig zeigten, in ganz andrer Weise, und die Wellen stellen sich wirklich in der Art dar, dafs die Anschwellungen aller unter einander liegenden Schichten zusammentreffen, also durch ihre Verbindung die Welle gebildet wird, während nach den Resultaten, zu denen Airy gelangt, die Geschwindigkeit der Welle

$$c = \sqrt{2g \frac{\beta}{\alpha} r}$$

sein sollte, also für alle Schichten von dem Verhältnisse zwischen β und α abhängig, und daher verschieden wäre. Die Wellen würden also, wenn sie auch den Raum vollständig füllen könnten, nicht zusammentreffen und müfsten sich also gegenseitig wenigstens theilweise zerstören. Diesen Widerspruch hat der Verfasser auch bemerkt, doch glaubt er bei der vorausgesetzten unendlich kleinen Höhe der Wellen denselben dadurch zu beseitigen, dafs er die Geschwindigkeit der Welle allein nach den Anschwellungen der obern Schicht bestimmt.

Indem es darauf ankommt, die Bewegungen der Wassertheilchen kennen zu lernen, wie sie wirklich sich darstellen, so ging ich zunächst zur Beobachtung der Erscheinung über. Der Apparat, den ich benutzte, ist in Fig. 3 und 4 in der Seitenansicht und im Grundrisse dargestellt. Das Bassin, in welchem die Wellen erregt wurden, war wieder eine Rinne. Ihre Länge maafs 12 Fufs und ihre Breite, so wie die Höhe 4 Zoll. Sie war aus starkem Zinkblech sorgfältig geformt, und in den scharf abgefaseten Endflächen der einzelnen Bleche zusammengelöthet. Um ein Ausbauchen der Seitenwände zu verhindern, waren diese durch aufrechtstehende starke Bretter unterstützt, die an die Bohle, welche die Rinne trug, mit Holzschrauben befestigt waren. In der Mitte der Rinne waren in beiden Seitenwänden und zwar einander gegenüberstehend Oeffnungen von $3\frac{1}{2}$ Zoll Breite und Höhe eingeschnitten, welche aufgekittete Glasscheiben schlossen. Hiedurch wurde die Gelegenheit geboten die in der Wassermasse eintretende Bewegung zu beobachten.

Indem die rücklaufenden Wellen überaus störend waren, und Anfangs sogar jede Beobachtung vereitelten, so kam es darauf an

Wellenbewegung am Ende der Rinne zu zerstören. Die An-
ung eines erweiterten Bassins war von wenig Nutzen, auch
ersuch, die Wellen auf eine geneigte Fläche auflaufen zu lassen,
nur geringen Erfolg. Am vortheilhaftesten zeigten sich kleine
rinnen, die lothrecht auf dem Boden so befestigt waren, dafs
hohlen Seiten den Wellen entgegengekehrt standen. Indem
ie Wellen auffingen, so verursachten sie zwar gleichfalls jede
zurücklaufende Welle, da sie aber auf etwa 2 Fufs Länge ver-
waren, so traten die partiellen Rückläufe in ganz verschiede-
Zeiten ein und vereinigten sich nicht mit einander. Die Er-
nung wurde hierdurch viel einfacher und regelmäfsiger, ich
te indessen auch an dem andern Ende der Rinne dieselbe Vor-
ung anbringen, weil sonst die Erregung der Wellen zu un-
hmäfsig wurde. Die Figuren zeigen diese letzten Rinnen.

Zur Erregung der Wellen benutzte ich eine Vorrichtung, die
entlich von derjenigen abwich, die Weber angewendet hatte.
kam nämlich darauf an, nicht eine einzelne, sondern eine lange
he von möglichst gleichmäfsigen Wellen darzustellen, an welchen
n dieselben Erscheinungen wiederholentlich beobachten und zu-
ch die verschiedenen erforderlichen Messungen vornehmen konnte.
egt man mit der Hand eine Scheibe, welche den Querschnitt
Rinne beinahe ausfüllt, schnell hin und her, so bilden sich an
ser Stelle Wellen, die von hier aus nach beiden Enden der
ne laufen. Es mufste also durch eine mechanische Vorrichtung
che Scheibe schnell vor und zurück geschoben werden, es war
er nothwendig, die Geschwindigkeit derselben auch beliebig ver-
rken oder schwächen zu können, und ebenso mufste auch der
esmalige Weg beliebig zu verlängern oder zu verkürzen sein,
n die nöthigen Aenderungen nicht auszuschliefsen. Indem ich
dlich vermuthete, dafs die Wasserfäden während der Wellenbe-
gung nicht nur vor- und zurückgehn, sondern sich auch zugleich
der jedesmaligen Richtung ihres Weges überneigen, und ich schon
rch die Scheibe diejenigen Bewegungen den Fäden mitzutheilen
inschte, die sie wirklich annehmen, so mufste die Scheibe auch
der Art geführt werden können, dafs ihr oberer und unterer
heil beliebig verschiedene Wege beschreiben konnte.

Die Scheibe, welche den Querschnitt der Rinne soweit füllt,
afs sie ohne Seitenreibung hin- und hergezogen werden kann,

wurde hiernach durch zwei Zugstangen mit einem aufrecht stehenden Hebel verbunden. Die obere horizontale Zugstange spaltet sich und fafst die Scheibe an beiden Seiten, um eine Drehung derselben zu verhindern. Die untere, welche die Scheibe möglichst tief fafst, kann dagegen an verschiedenen Stellen des Hebels befestigt werden. Geschieht dieses mittelst desselben Bolzen, der die obere Stange führt, so schiebt sich die Scheibe während der Bewegung nur hin und her ohne ihre Neigung zu verändern. Wird diese Zugstange dagegen mit ihrem Einschnitte unmittelbar auf die Achse des Hebels gelegt, so bleibt der untere Rand der Scheibe beinahe unverändert an derselben Stelle, und die Scheibe neigt sich nur hin und her. Zwischen diesen Extremen konnten aber noch sehr serschiedene Befestigungsarten der untern Zugstange am Hebel gewählt werden, wodurch andere Verhältnisse zwischen der Neigung und der Länge des Weges sich darstellten. Jedenfalls mufste die Scheibe immer lothrecht stehn, wenn der Hebel solchen Stand hatte.

Der Hebel war mit einer längeren Achse verbunden, die möglichst nahe über dem Boden der Rinne lag. Er bestand aus zwei parallelen Messingstäbchen, in denen die Bolzenlöcher angebracht waren, woran beide Zugstangen mittelst eingesetzter Schraubenbolzen befestigt wurden. Er setzte sich indessen noch aufwärts fort, und hier griff die Lenkstange ein, die ihm die Bewegung mittheilte.

Die Lenkstange reichte bis zu einem Krummzapfen, der aus einer starken Messingscheibe heraustrat. Dieser konnte in neun verschiedenen Abständen von der Drehungs-Achse befestigt werden, und eben so viele Bolzenlöcher befanden sich diesen gegenüber in gleichen Abständen, wo ein Gegengewicht eingeschroben wurde, welches dem Gewichte des Krumzapfens nnd der halben Lenkstange gleich war.

Die erwähnte Messingscheibe war zur Vermehrung ihres Gewichtes und zur Vergröfserung ihres Drehungsmomentes noch mit einem starken Bleiringe umgeben und wog 2¼ Pfund. Sie war mit einer cylindrischen Walze aus Messing verbunden, von 4 Zoll Länge und 0,4 Zoll Dicke. Um letztere wurde der Seidenfaden gewunden, der mittelst des angehängten Gewichtes die ganze Maschine in Bewegung setzte. Dieses Gewicht hing aber nicht unmittelbar daran, vielmehr lief der Faden über einen kleinen Flaschenzug von 5 Scheiben, dessen unterer Block das Gewicht trug. Während dieses

10 Fuſs herabsank, wurden gegen 200 Windungen des Fadens abgezogen, oder eben so viele Umdrehungen machte die Messingscheibe und erregte eben so viele Wellen. Die regelmäſsige Bewegung trat indessen immer erst ein, wenn die obere Lage der Windungen abgezogen war und der Faden unmittelbar auf dem Messing-Cylinder auflag. In dieser Weise eigneten sich nur etwa 100 Wellen zu eigentlichen Beobachtungen. Durch Veränderung des angehängten Gewichtes, das 1 bis 3 Pfund betrug, konnte die Periode der Wellen vergröſsert oder verkürzt werden.

An der Walze, welche die Messingscheibe mit dem Krummzapfen trägt, befindet sich an dem entgegengesetzten Ende noch eine Elfenbeinscheibe, die mit einigen Windungen eines Schraubenganges versehn ist, in diese greifen die Zähne eines sehr leichten hölzernen Rädchen ein, das an dem vorstehenden Ende seiner Achse auch zurückgeschoben und gegen einen festen Zahn gestellt werden kann. Das Rädchen hat 50 mit Nummern versehene Zähne und wenn man es 10 oder 15 Secunden hindurch in die Schraubengewinde eingreifen läſst, so zeigt es bei dem Einstellen in den festen Zahn, wieviel Wellen in dieser Zeit erregt wurden. Die Anordnung stimmt genau mit derjenigen überein, die beim Voltmans'chen Flügel üblich ist.

Indem die Scheibe, welche die Wellen erregte, ziemlich schwer war und auf dem Boden der Rinne eine starke Reibung erfuhr, so verband ich sie mittelst eines Fadens mit einem in 2 Fuſs Abstand darüber angebrachten Hebel, an dessen anderm Arme ein Gegengewicht hing. Das Gewicht der Scheibe durfte indessen nicht vollständig aufgehoben werden, weil sonst die Scheibe, besonders wenn sie sich überneigen sollte, aus dem Wasser sprang.

Es ergiebt sich hieraus, daſs mit diesem Apparate sehr verschiedenartige Bewegungen dargestellt werden konnten. Die Scheibe lieſs sich in vertikaler Stellung hin- und herschieben, man konnte sie aber auch beliebig weit vor- und rückwärts sich überneigen lassen und sogar die Bewegung ihres untern Randes beinahe ganz hemmen. Der Weg den sie zurücklegte, hing von der Entfernung des Krummzapfens von der Achse der Messingscheibe ab, und lieſs sich innerhalb weiter Grenzen verändern. Endlich erfolgte die Bewegung um so schneller oder um so langsamer, je mehr das angehängte Gewicht vergröſsert oder vermindert wurde.

Die horizontale Aufstellung der Rinne war leicht zu prüfen, sobald man Wasser hineingofs und an verschiedenen Stellen die Tiefen maafs. Hierzu diente ein Maafsstab, der abwärts in seiner Verlängerung mit einer 3½ Zoll langen Metallspitze versehn war. Er wurde von einem kleinen Gestelle gehalten, das auf den sorgfältig gearbeiteten obern Rand der Rinne überall aufgesetzt werden konnte. In diesem liefs er sich senkrecht auf- und abschieben und wurde in jeder Höhe durch eine schwache Feder festgehalten. Zuerst schob ich ihn jedesmal so tief herab, dafs die Spitze den Boden der Rinne berührte, alsdann hob ich ihn, bis dieselbe Spitze die Oberfläche des Wassers traf. Letzteres liefs sich sehr genau erkennen, sobald eine weifse Fläche über der Rinne befestigt und das Auge so gehalten wurde, dafs der Widerschein derselben das Spiegelbild der Spitze deutlich sehn liefs. Man konnte alsdann mit grofser Schärfe den Maafsstab soweit senken, dafs die Spitze mit ihrem Bilde zusammenfiel. Sobald erstere aber auch nur ein wenig in das Wasser eintauchte, so wurde sogleich die Oberfläche des Wassers gekrümmt, und das regelmäfsige Bild verschwand. Zum Ablesen des Maafses diente ein scharf markirter Zeiger, und mehrfache Wiederholungen derselben Messung ergaben, dafs mittelst dieses Apparates die Tiefen bis auf den hundertsten Theil eines Zolles sicher gemessen werden konnten. Diese Schärfe ergab sich jedoch als ganz entbehrlich, weil die Erscheinung selbst, namentlich in der Wellenerhebung, viel gröfsere Unregelmäfsigkeiten zeigte.

Um die Bewegung der Theilchen im Innern der Wassermasse zu erkennen, versuchte ich zunächst, wie Weber dieses auch gethan hatte, einzelne kleine schwebende Körperchen zu verfolgen. Ich mufste indessen oft lange warten, bevor solche zwischen die beiderseitigen Glasscheiben traten, und überdiefs fehlte hierbei die Gelegenheit, gleichzeitig die Beobachtung auf verschiedene Wassertiefen auszudehnen. Ich hing deshalb neben einander in verschiedenen Höhen kleine Wachskügelchen von der Gröfse eines gewöhnlichen Nadelknopfes, in welche jedesmal ein Sandkörnchen eingedrückt war. Die feinen Fäden waren 18 Zoll darüber befestigt, so dafs die Kügelchen, ohne ihre Höhe merklich zu verändern, nach vorn und hinten frei ausschwingen konnten. Hierbei zeigte sich schon sehr auffallend die wichtige Erscheinung, dafs die sämmtlichen Kügelchen und selbst die, welche beinahe den Boden berührten, beim

Vorübergange jeder Welle, soweit man es bemerken konnte, übereinstimmende horizontale Bewegungen machten. Sie nahmen jedoch sehr bald verschiedene Stellungen ein, und dieses nicht nur in der Längenrichtung der Rinne, sondern auch seitwärts, wobei die Fäden sich berührten und umschlangen, und in kurzer Zeit hatten sie sich so versponnen, dafs es die äufserste Mühe machte, und oft unmöglich war, sie wieder zu trennen.

Ich wählte deshalb eine andere Vorrichtung, nämlich eine sehr leichte Scheibe, bestehend aus einem Glimmerblättchen von 1 Zoll Breite und solcher Höhe, dafs sie den Boden beinahe berührte, und beim Vorübergange der Wellen noch so eben stets unter Wasser blieb. Das Blättchen war in der Mitte nochmals gespalten, und hier ein feiner Draht hindurchgezogen, der als Drehungs-Achse diente, welche bei dem sehr geringen Gewichte keiner weitern Befestigung bedurfte. Diese Achse ruhte mit beiden Enden in kleinen Oesen eines aus demselben Drahte gebildeten Rahmens Fig. 5. Letzterer hing an den beiden Enden eines seidenen Fadens, der etwa 2 Fufs hoch über dem Glimmerblättchen durch zwei andere Oesen an einer verschiebbaren Stange gezogen war. Diese beiden Oesen wurden jedoch bedeutend weiter von einander entfernt, als die des Rahmens, damit letzterer stets normal gegen die Bewegung der Wellen gerichtet blieb. Endlich mufste das Glimmerblättchen noch an seinem untern Ende durch ein kleines Gewicht beschwert werden, damit es in ruhendem Wasser von selbst sich lothrecht stellte. Das Blättchen wog, wenn es 2 Zoll hoch war, mit Einschlufs des daran angebrachten Gewichtes, der Achse und des Rahmens nur 34 Centigramme, und gab daher, wie ich durch sanftes Fortziehn desselben mich leicht überzeugen konnte, sehr sicher die geringsten Bewegungen im Wasser an.

Die Beobachtungen bezogen sich zunächst auf die Höhen oder die vertikalen Abstände der obern und untern Scheitel der Wellen, indem hierbei indessen grofse Verschiedenheiten sich zeigten, so genügte es vollkommen, einen Handzirkel dazu zu benutzen, der an die Glasscheibe gelehnt wurde. In derselben Weise wurde auch der Weg gemessen, den das Glimmerblättchen in einer und der andern Richtung durchlief. Ich benutzte zu der letzten Messung einen zweiten Cirkel, um nicht während der kurzen Dauer des jedesmaligen Versuches die Ablesung des Maafses vornehmen zu

dürfen. Aufserdem wurde die Geschwindigkeit der Wellen beobachtet, d. h. ich bezeichnete durch aufgelegte Stäbchen den Weg, den eine Welle in 3, zuweilen auch nur in 2 Secunden zurücklegte, und zwar geschah dieses nach dem Schlage einer Secundenuhr. Es darf kaum erwähnt werden, dafs diese Messung keine grofse Schärfe hatte. Endlich wurde an dem oben beschriebenen Rädchen noch die Anzahl der in einer gewissen Zeit einander folgenden Wellen beobachtet. Mit der letzten Operation wurde der Anfang gemacht, sobald die obere Lage der Fäden von der cylindrischen Walze abgelaufen war, und gemeinhin blieb nach Ausführung der andern Messungen noch hinreichende Zeit, um die Periode der Wellen nochmals zu bestimmen.

Das wichtigste Resultat, zu dem diese Versuche führten, bestand in der Wahrnehmung, dafs das Glimmer-Blättchen, das beinahe den Boden der Rinne berührte, sich nur hin und her bewegte, ohne sich abwechselnd nach vorn und rückwärts überzuneigen. Dieses geschah aber nicht nur, wenn die Scheibe, welche die Wellen erregte, so befestigt war, dafs sie dauernd ihre lothrechte Stellung behielt, sondern auch, wenn ihr unterer Rand an derselben Stelle blieb, und sie sich allein nach vorn und hinten überneigte. Diese Bewegung, welche sie dem Wasser mittheilte, konnte sich daher nicht fortsetzen und war im Abstande von 4 Fufs schon vollständig in die parallele Verschiebung der Fäden übergegangen. Es zeigte sich auch, dafs die leichten und feinen Staubmassen, die sich am Boden der Rinne bald zu sammeln pflegen, bei jeder Welle eben so weit hin und her geschoben wurden, wie das Glimmerblättchen selbst.

Besonders scharf liefs sich die Stellung dieses Blättchens beurtheilen, wenn ich es soweit zurückschob, dafs es nicht mehr zwischen den beiden Glasscheiben hing, sondern so eben hinter die undurchsichtige Wand trat. Es reflectirte alsdann das darauf fallende Licht so stark, dafs seine Stellung sehr deutlich zu erkennen war, und in dieser liefs sich durchaus keine Aenderung beim Hin- und Hergange bemerken. Zur Vergleichung spannte ich noch zwei feine Drähte in einen Rahmen, die unter dem Winkel von 2 Graden gegen einander geneigt waren. Indem ich diesen Rahmen daneben hielt, so konnte ich mich überzeugen, dafs wenn auch wirklich eine sehr geringe Neigung eingetreten wäre, diese doch gewifs nach jeder

Seite die Gröfse von 1 Grad nicht erreichte. Die Beobachtung bot indessen keine Veranlassung, solche überhaupt vorauszusetzen.

Hiernach bestätigt sich eine Aeufserung von Scott Russell, dafs nämlich bei Wellen auf geringer Tiefe die horizontalen Bewegungen der über einander liegenden Wassertheilchen gleich grofs sind. Wichtiger ist es, dafs auch de la Grange in der von ihm gegebenen Wellentheorie*) von derselben Voraussetzung ausgegangen ist. Dabei ist jedoch wieder angenommen, dafs die vertikalen Bewegungen oder die Höhen der Wellen unendlich klein sind. Ich werde versuchen, diese Beschränkung zu umgehn und zunächst zu prüfen, ob bei dieser Art der Bewegung die geometrische Bedingung auch bei endlicher Höhe der Wellen erfüllt werden kann.

Jeder einzelne Wasserfaden behält hiernach seine vertikale Stellung dauernd bei, und hieraus folgt wieder, dafs er beständig von zwei vertikalen Ebenen, oder im Längendurchschnitte der Welle von zwei vertikalen Linien begrenzt wird, er also vom Fufse bis an sein oberes Ende jederzeit gleich stark ist. Die Wellenbildung kann alsdann nur erfolgen, indem die Fäden sich abwechselnd verlängern und verkürzen, im umgekehrten Verhältnisse mufs ihre Dicke sich dabei jedesmal verändern, oder die Fäden müssen einander genähert oder entfernt werden. Hierauf beruht die horizontale Verschiebung der Fäden, die sich aus den Beobachtungen sehr deutlich erkennen läfst. Der Druck setzt sich daher in derselben Art fort, wie in einer Reihe einander berührender elastischer Körper. Die Wasserfäden werden eben so wie diese, und zwar viel auffallender, stellenweise zusammengedrängt, sie können aber nur nach oben ausweichen, daher erheben sie sich, und in Folge dieses Ueberdruckes entfernen sie sich darauf wieder von einander, wobei sie eine geringere Höhe annehmen, als sie ursprünglich hatten. Diese Bewegung kann augenscheinlich nur eintreten, wenn alle Theilchen eines Fadens abwechselnd sich erheben und sich senken. Dieses ist von de la Grange nicht berücksichtigt, indem er nur unendlich niedrige Wellen untersuchte.

Die einzelnen Wassertheilchen eines Fadens durchlaufen dem-

---

*) Sur la manière de rectifier deux endroits des principes de Newton, rélatifs à la propagation du son et au mouvement des ondes. Nouveaux mémoires de l'Aacadémie royale des sciences et belles lettres. Année 1786. Berlin 1788. pag. 192 ff.

nach beim Vorübergange jeder Welle wieder geschlossene Bahnen, die sämmtlich gleiche horizontale Durchmesser haben, die vertikalen Durchmesser derselben müssen aber an der Oberfläche des Wassers am gröfsten sein, in der Tiefe immer kleiner und unmittelbar über dem Boden gleich Null werden. Am einfachsten wäre es, elliptische Bahnen vorauszusetzen. Diese Annahme ist aber nicht zulässig, weil sie, wie später sich ergeben wird, die Bedingung einschliefst, dafs die Höhe der Welle gegen die Wassertiefe unendlich klein sein mufs. Diese Beschränkung entspricht aber keineswegs der wirklichen Erscheinung und selbst in meinen Beobachtungen war die Höhe der Welle zuweilen beinahe der halben Wassertiefe gleich.

Die Bahnen müssen daher andre Curven sein, und es genügt, die Gleichung der Ellipse durch Einführung eines neuen Gliedes so zu ändern, dafs sowol die obere, als auch die untere Hälfte sich etwas hebt. Hiernach lege ich für die Bahnen die Ausdrücke zum Grunde

$$x = \alpha \operatorname{Sin} \varphi$$

und

$$y = \beta \operatorname{Cos} \varphi + \gamma \operatorname{Cos} \varphi^2$$

Wie früher bedeutet hier wieder α die halbe horizontale und β die halbe vertikale Achse. Der Winkel φ zählt gleichfalls von dem durch den obern Scheitel gezogenen Lothe in der Richtung der Bewegung der Welle.

Bezeichnet c die constante Geschwindigkeit der Welle und p die Höhe, in welcher der Mittelpunkt der betreffenden Bahn über dem Boden sich befindet, so sind die Gleichungen der Wellenlinie

$$x' = ct - \alpha \operatorname{Sin} \varphi$$

$$y' = p + \beta \operatorname{Cos} \varphi + \gamma \operatorname{Cos} \varphi^2$$

Die x' bezeichnen hier die horizontalen Abstände vom obern Scheitel der Welle und die y' die Höhen über dem Boden des Bassins.

Denkt man wieder eine volle Welle von einem obern Scheitel bis zum nächstfolgenden durch Vertikal-Linien in soviel Theile eingetheilt, als die Periode der Welle oder τ Zeitelemente dt enthält, und sind aufserdem die Flächen dieser sämmtlichen Theile einander gleich; so wird der untersuchte Wasserfaden beim Vorübergange jeder Welle in den auf einander folgenden Zeitelementen nach und nach alle diese einzelnen Flächen einnehmen. Wenn er sich gerade in einer derselben befindet, so bezeichnet die nächstliegende die

Breite und Höhe, die er im folgenden Zeitelemente haben wird, sie bezeichnet aber auch seine horizontale Verschiebung, wenn man jedesmal die Wellen-Ebene um den Weg $c\,dt$ weiter zieht.

Hieraus ergiebt sich die Bedingung, dafs diese sämmtlichen Flächen unter sich und zugleich dem Wasserfaden im Zustande der Ruhe gleich sind.

$$pc\,.\,dt = y'.dx'$$
$$= (p + \beta \operatorname{Cos}\varphi + \gamma \operatorname{Cos}\varphi^2)(c\,.\,dt - \alpha \operatorname{Cos}\varphi\,.\,d\varphi)$$

Der Einfachheit wegen setze man

$$\frac{\beta}{p} = \varrho$$

und

$$\frac{\gamma}{\beta} = \sigma$$

Man erhält alsdann

$$pc\,.\,dt = p(1 + \varrho \operatorname{Cos}\varphi + \varrho\sigma \operatorname{Cos}\varphi^2)(c\,.\,dt - \alpha \operatorname{Cos}\varphi\,.\,d\varphi)$$

Hieraus ergiebt sich

$$c\,dt = \frac{\alpha p}{\beta}\,.\,\frac{1 + \varrho \operatorname{Cos}\varphi + \varrho\sigma \operatorname{Cos}\varphi^2}{1 + \sigma \operatorname{Cos}\varphi}\,.\,d\varphi$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\beta}{\alpha}\,.\,\frac{c}{p}\,.\,\frac{1 + \sigma \operatorname{Cos}\varphi}{1 + \varrho \operatorname{Cos}\varphi + \varrho\sigma \operatorname{Cos}\varphi^2}$$

Der Winkel φ wächst also nicht gleichmäfsig mit der Zeit t, und wenn man dt als constant ansieht, so ist $d\varphi$ variabel. Aus dem Ausdruck für x' ergiebt sich aber, dafs der Winkel φ in allen zu demselben Wasserfaden gehörigen Elementen jederzeit gleich grofs ist, er also auch um gleiche Werthe von $d\varphi$ in jedem Momente zunimmt. Durch Einführung des so eben gefundenen Ausdruckes für $c\,dt$ in die Gleichung für dx', findet man

$$dx' = \frac{\alpha p}{\beta}\,.\,\frac{d\varphi}{1 + \sigma \operatorname{Cos}\varphi}$$

In zwei zunächst untereinander belegenen Bahnen sei der Abstand der beiden horizontalen Achsen von einander δp und die kleinen Quantitäten, um welche die Werthe von β und γ in der untern Bahn kleiner sind, als in der obern, nenne man $\delta\beta$ und $\delta\gamma$. Die Flächen in der entsprechenden Schicht der Wellenebene müssen einander wieder gleich sein, und da die beiden untersuchten Punkte jederzeit von den vertikalen Achsen ihrer Bahnen gleich weit entfernt sind, so hat man

$$df = (y' - y'')\,dx'$$

Wenn man aber dx' nicht durch das variable $d\varphi$, sondern durch

das constante dt ausdrückt, so ist

$$dx' = \frac{cdt}{1 + \varrho \operatorname{Cos}\varphi + \varrho\sigma \operatorname{Cos}\varphi^2}$$

daher

$$df = \frac{\delta p + \operatorname{Cos}\varphi . \delta\beta + \operatorname{Cos}\varphi^2 . \delta\gamma}{1 + \varrho \operatorname{Cos}\varphi + \varrho\sigma \operatorname{Cos}\varphi^2} . cdt$$

oder wenn man die Division ausführt,

$$df = cdt \lfloor \delta p - (\varrho\, \delta p - \delta\beta)\operatorname{Cos}\varphi + (\varrho^2\, \delta p - \varrho\sigma\, \delta p - \varrho\, \delta\beta + \delta\gamma)\operatorname{Cos}\varphi^2$$
$$- (\varrho^3\, \delta p - 2\varrho^2\sigma\, \delta p - \varrho^2\, \delta\beta + \varrho\sigma\, \delta\beta + \varrho\, \delta\gamma) \operatorname{Cos}\varphi^3 + \ldots]$$

Die Coefficienten der verschiedenen Potenzen von Cos φ müssen an sich gleich Null sein, also

$$df = cdt . \delta p$$

was an sich klar ist. Ferner

$$\varrho . \delta p - \delta\beta = 0$$

oder
$$\frac{\delta p}{p} = \frac{\delta\beta}{\beta}$$

also β ist proportional der Tiefe p. Eben so ergiebt sich, wenn man den gefundenen Werth von $\delta\beta$ in den Coefficient von Cos φ^2 einführt,

$$\frac{\delta p}{p} = \frac{\delta\gamma}{\gamma}$$

Der Coefficient von Cos φ^3 und die der höheren Potenzen werden durch Einführung der Werthe von $\delta\beta$ und $\delta\gamma$ schon an sich gleich Null. Man sieht hieraus, dafs β und γ der Wassertiefe unter dem Mittelpunkte der Bahn proportional sind, oder dafs in jedem Wellensysteme β und γ sowol unter sich, als zur Tiefe p in constantem Verhältnisse stehn. Wie dieses Verhältnifs sich gestaltet, läfst sich aus der geometrischen Betrachtung nicht ermitteln.

Letztere führt indessen noch zu einigen andern wichtigen Folgerungen:

$$dx = \frac{ap}{\beta} . \frac{d\varphi}{1 + \sigma \operatorname{Cos}\varphi}$$

daher $$x = \frac{2\,ap}{\beta\sqrt{(1-\sigma^2)}} \operatorname{Arc}\left(tgt = \sqrt{\frac{(1-\sigma)(1-\operatorname{Cos}\varphi)}{(1+\sigma)(1+\operatorname{Cos}\varphi)}}\right)$$

Die halbe Länge der Welle von $\varphi = o$ bis $\varphi = \pi$ ergiebt sich hiernach

$$\frac{ap}{\beta\sqrt{(1-\sigma^2)}}\pi$$

und die ganze Wellenlänge

$$\lambda = \frac{2\,ap\pi}{\beta\sqrt{(1-\sigma^2)}}$$

$$= \frac{2\alpha p\pi}{\beta}(1 + \tfrac{1}{4}\sigma^2 + \tfrac{9}{64}\sigma^4 + \dots)$$

Einen sehr einfachen Ausdruck findet man für die beiden Flächen, welche von der Wellenlinie und der durch den Mittelpunkt der Bahn gezogenen Horizontalen oberhalb und unterhalb der letzteren eingeschlossen werden, nämlich

$$y\,dx' = \alpha p \operatorname{Cos}\varphi \,.\, d\varphi$$
$$\int y\,dx' = \alpha p \operatorname{Sin}\varphi$$

Die obere Fläche liegt zwischen $\varphi = \frac{1}{2}\pi$ und $\varphi = \frac{3}{2}\pi$, und die untere zwischen $\varphi = \frac{3}{2}\pi$ und $\varphi = \frac{1}{2}\pi$. Beide sind gleich grofs, nämlich

$$2\alpha p$$

Es könnte befremden, dafs die Wassermenge, welche mit dem Kamme der Welle sich über den Horizont des stehenden Wassers erhebt, von der Höhe der Welle, also von β und γ ganz unabhängig ist. Die Höhe der Welle bedingt indessen den Werth von α oder die Verschiebung des einzelnen Wasserfadens. Die Fäden, welche im Stande der Ruhe die Länge $\frac{1}{2}\lambda$ einnahmen, breiten sich bei der Wellenbewegung bis $\frac{1}{2}\lambda + 2\alpha$ aus, oder drängen sich zusammen bis $\frac{1}{2}\lambda - 2\alpha$, und hieraus ergiebt sich unmittelbar der vorstehende Ausdruck für die gehobene oder herabgesunkene Wassermasse.

Die mechanischen Verhältnisse gestalten sich bei dieser Art der Bewegung augenscheinlich ganz anders, als wenn die Tiefe unendlich grofs ist, und namentlich beruht der Unterschied darauf, dafs die einzelnen Wassertheilchen ihre Geschwindigkeit stets verändern. Hiernach scheint es angemessen, das von d'Alembert aufgestellte allgemeine dynamische Prinzip zum Grunde zu legen. Man darf indessen nicht hoffen, einen vollständigen Anschlufs an dasselbe darzustellen, da die Form der Bahnen willkürlich und nur mit Rücksicht auf die geometrische Bedingung gewählt wurde. Gewifs wäre es vorzuziehn gewesen, dieselbe aus den allgemeinen hydrodynamischen Gleichungen herzuleiten, aber dieser schon so oft vergeblich versuchte Weg bot so grofse Schwierigkeiten, dafs ich mich entschliefsen mufste, mich mit Resultaten zu begnügen, welche die Erscheinung nur annähernd richtig darstellen. Aufserdem tritt bei dieser Bewegung auch die Reibung der Wasserfäden gegen den Boden mit grofsem Werthe in die Rechnung, und sonach

ist auch in dieser Beziehung die volle Uebereinstimmung de
fundenen Gesetze mit der Beobachtung nicht zu erwarten.
sehr günstiger Umstand ist es dagegen, dafs auf Wasserfläche
endlicher Tiefe diese Bewegung, schon in geringer Höhe übe
Boden in diejenige übergeht, welche sich bei unendlicher Tief
stellt, und sonach die bleibenden Fehler von geringem Einflus
die Haupt-Resultate sind. Diese Untersuchung dürfte dahe
zugsweise nur in sofern wichtig sein, als sie nachweist, in w
Art die eine Bewegung in die andre übergeht.

Abgesehn non denjenigen äufseren Kräften, welche urs
lich die Wellenbewegung veranlafsten oder sie später versti
kann nur die Schwere als beschleunigende Kraft gelten, und
in Rechnung gestellt werden. Ihre Wirkung beschränkt sic
auf, dafs von zwei einander berührenden Wasserfäden, die i
selben Wellenebene stehn, der von der Welle früher get
einen gewissen positiven oder negativen Druck auf den ande
übt. Dieser Druck wirkt aber nach dem bekannten hydrosta
Gesetze gleichmäfsig in der ganzen Höhe der Fäden. Wollt
bei der nahe übereinstimmenden Höhendifferenz dreier ei
berührender Fäden, die in derselben Wellenebene stehn, ann
auf den mittlern Faden wirke eine Kraft, welche dem Do
dieser Differenz gleich sei, so würde man jeden Ueberdruck
mal in Rechnung stellen, was unrichtig wäre. Dieser Uebe
ist, wenn die Breite der Fäden und eben so auch das Gewi
Raumeinheit des Wassers 1 gesetzt wird, gleich dy' oder dy
selbe übt auf die ganze Länge des folgenden Fadens den Druck
aus. Die Masse des letzteren ist aber $y'.dx$, daher die hori
beschleunigende Kraft vergleichungsweise zur Schwere

$$X = \frac{dy'}{dx'}$$

Sollte aufserdem noch eine gewisse vertikale beschleun
Kraft in Betracht kommen, so könnte dieselbe nur $\frac{dy'}{y'}$, also
lich klein sein. Eine solche Annahme wäre aber auch in
nicht statthaft, weil alsdann dieselbe Höhendifferenz als I
zweier beschleunigenden Kräfte eingeführt würde, was wiede
statthaft ist, sobald es sich um Bewegungen handelt. Die ve
beschleunigende Kraft ist daher

$$Y = 0$$

Diese Auffassung stimmt genau mit der von de la Grange gewählten überein.

Man hat sonach die Bedingungsgleichung

$$0 = \Sigma\left[m\,.\,\delta x\left(\frac{d^2x}{dt^2} - 2g\frac{dy'}{dx'}\right) + m\,.\,\delta y\,\frac{d^2y}{dt^2}\right]$$

und wenn man statt der willkürlichen durch δx und δy bezeichneten Bewegungen die wirklich eintretenden oder dx und dy einführt, und integrirt, so folgt

$$0 = \Sigma\left[\tfrac{1}{2}m\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \tfrac{1}{2}m\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 - 2mg\int\frac{dy'.dx}{dx'}\right]$$

Das erste Glied hat für alle zu demselben Wasserfaden gehörigen Theilchen dieselbe Bedeutung, so auch das letzte, weil die beschleunigende Kraft $\frac{dy'}{dx'}$ auf alle gleichmäſsig wirkt. Das zweite Glied hat dagegen für jedes dieser Theilchen einen andern Werth. Die geometrische Betrachtung ergab bereits, daſs die Gröſsen β und γ den Abständen der Mittelpunkte der betreffenden Bahnen vom Boden proportional sind. Dieser Abstand sei für irgend eine der zu demselben Faden gehörigen Bahnen gleich h, während für die Bahn des die Oberfläche bildenden Theilchens der Abstand vom Boden gleich p ist. Die Veränderung in der Höhenlage jenes Theilchen sei gleich $d\nu$, während y' und dy sich allein auf dieses oder auf die Oberfläche beziehn. Alsdann hat man

$$d\nu = \frac{h}{p}\,dy$$

und die Masse dieses Wassertheilchen

$$m = dx'\,.\,dh$$

daher seine lebendige Kraft in vertikaler Richtung

$$m\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 = \frac{h^2}{p^2}\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 dx'\,.\,dh$$

folglich die Summe derselben oder die lebendige Kraft des ganzen Fadens von $h = o$ bis $h = p$

$$\tfrac{1}{3}\,p\,dx'\left(\frac{dy}{dt}\right)^2$$

Nenne ich nunmehr die Masse des ganzen Fadens μ, so ist

$$\mu = p\,dx'$$

also nimmt das zweite Glied den Werth

$$\tfrac{1}{2}\mu\left(\frac{dy}{dt}\right)^2$$

an und die ganze dynamische Bedingungsgleichung wird, wenn m durch μ dividirt,

$$o = \tfrac{1}{2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \tfrac{1}{2}\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 - 2g\int\frac{dy\,.\,dx}{dx'}$$

Hier beziehn sich x und y und deren Ableitungen allein auf Bewegungen des obern Theiles in dem untersuchten Wasserfad also auf die Oberfläche. Dasselbe gilt auch von den Bezeichnung der Bahn-Achsen α, β und γ.

Führt man nun in diese Gleichung die Werthe von dx, dx' durch Functionen von φ ausgedrükt ein, und ordnet diesell nach den Potenzen von Cos φ, so findet man

$$\tfrac{1}{2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = \tfrac{1}{2}\varrho^2 c^2 \left[\mathrm{Cos}\,\varphi^2 + 2(\sigma - \varrho)\,\mathrm{Cos}\,\varphi^3 + \ldots\right]$$

$$\tfrac{1}{2}\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 = \frac{\varrho^2 c^2 \beta^2}{6\,\alpha^2}[1 + (6\sigma - 2\varrho)\mathrm{Cos}\varphi + (13.\sigma^2 - 14.\sigma\varrho + 3.\varrho^2 - 1)\mathrm{Co}$$

$$+ (12..\sigma^3 - 38\,.\,\varrho\sigma^2 + 24\,.\,\sigma\varrho^2 - 4\,.\,\varrho^3 - 6\,.\,\sigma + 2\,\varrho)\,\mathrm{Cos}\,\varphi^3 + .$$

$$2g\int\frac{dy\,.\,dx}{dx'} = \frac{g\beta^2}{p}(\mathrm{Cos}\,\varphi^2 + 2\,.\,\sigma\,\mathrm{Cos}\,\varphi^3 + \sigma^2\,\mathrm{Cos}\,\varphi^4) + \mathrm{Con}$$

Alle drei Ausdrücke sind durch Integration dargestellt. I erste wird mit der horizontalen Geschwindigkeit gleich Null $\varphi = \frac{1}{2}\pi$, es kommt daher keine Constante hinzu. Der zweite n Null werden, wenn die vertikale Geschwindigkeit verschwindet, ses geschieht wirklich bei $\varphi = 0$, denn jedes folgende Glied h den Coefficient des zweit-vorhergehenden auf. Es kommt desh auch hier keine Constante hinzu. Die Constante des dritten G des mufs aber so bestimmt werden, dafs die Summe der drei G der gleich Null wird, wenn Cos $\varphi = 0$. Hiernach ist

$$\mathrm{Const} = -\frac{\varrho^2 c^2 \beta^2}{6\,\alpha^2}$$

Die dynamische Bedingungsgleichung enthält also keine Glie welche von φ unabhängig sind.

Dagegen kommt ein Glied darin vor, welches die erste Pot von Cos φ zum Faktor hat. Dieses mufs an sich gleich N sein, also

$$6\,.\,\sigma - 2\,.\,\varrho = 0$$

$$\varrho = 3\sigma$$

oder

$$\gamma = \tfrac{1}{2}\frac{\beta^2}{p} = \tfrac{1}{2}\beta\varrho$$

Es mufs hier darauf aufmerksam gemacht werden, dafs wenn man die Bahnen als gewöhnliche Ellipsen in der Rechnung angesehen hätte, dafs alsdann $\sigma = 0$ wäre, folglich nach Vorstehendem auch ϱ oder β gleich Null sein müfste, oder die ganze Untersuchung sich wieder nur auf Wellen von unendlich geringer Höhe bezogen hätte.

Die vorstehenden Ausdrücke lassen sich, nachdem man die Beziehung zwischen ϱ und σ kennt, wesentlich vereinfachen, und man erhält dadurch die Bedingungsgleichung

$$\begin{aligned} 0 = & \tfrac{1}{2}\varrho^2 c^2 [\text{Cos}\,\varphi^2 - 4\sigma\,\text{Cos}\,\varphi^3 + \ldots.] \\ & + \frac{\varrho^2 c^2 \beta^2}{6\alpha^2}[-(1+2\sigma^2)\,\text{Cos}\,\varphi^2 + 6\sigma^2\,\text{Cos}\,\varphi^3 + ..] \\ & - \frac{g\beta^2}{p}[\text{Cos}\,\varphi^2 + 2\sigma\,\text{Cos}\,\varphi^3 + \ldots.] \end{aligned}$$

Wenn man nun die Summe der Glieder, die $\text{Cos}\,\varphi^2$ zum Factor haben, gleich Null setzt, so erhält man

$$c^2 = \frac{2gp}{1 - \frac{1}{3}\frac{\beta^2}{\alpha^2}(1+2\sigma^2)}$$

Der Factor $1 + 2\sigma^2$ ist indessen sehr nahe gleich 1, daher annähernd

$$c^2 = \frac{2gp}{1 - \frac{1}{3}\cdot\frac{\beta^2}{\alpha^2}}$$

Ist die Erhebung der Welle unendlich klein, also $\frac{\beta}{\alpha} = 0$, so folgt

$$c^2 = 2gp$$

Dieses ist dasselbe Resultat, zu dem unter derselben Voraussetzung auch de la Grange gelangt ist. Wenn dagegen, wie meine Messungen ergeben, in der frisch erregten Welle die vertikale Achse der obern Bahn eben so grofs ist, wie die horizontale, oder $\beta = \alpha$, so ergiebt sich

$$c^2 = 3gp$$

Setzt man die Summen der Coefficienten von $\text{Cos}\,\varphi^3$, $\text{Cos}\,\varphi^4$ u. s. w. gleich Null, so ergeben sich keine brauchbare Resultate. Die kleine Gröfse σ tritt darin jedesmal auf, und meist sogar in höheren Potenzen, woher die Glieder ziemlich unbedeutend sind,

also dem Werthe von Null sich nähern. Wenn ihre Summe
sen Werth aber nicht vollständig erreichen, so rührt dieses
her, dafs die vorausgesetzte Form der Bahnen den dynan
Gesetzen nicht genau entspricht.

Ich erwähnte bereits, dafs ich nach meinen Beobachtu
sehr nahe eben so grofs wie α fand, ich mufs aber hinzufüge
α halb so grofs war, als der Weg, den die Scheibe bei senk
Stellung zurücklegte. Nachdem ich mich überzeugt hatte, d
Wasserfäden ohne sich überzuneigen nur vor- und zurückge
würden, so gab ich auch der Scheibe diese Bewegung, um
scheinung in möglichster Regelmäfsigkeit darzustellen und
Uebergänge aus einer Bewegung in die andre zu vermeid
gewifs einen grofsen Theil der mitgetheilten lebendigen Kr
sumirten. Die Scheibe bewegte sich bis 12 Linien weit hin u
Ueber dieses Maafs hinaus konnte ihr Weg nicht ausgedeh
den, weil die Erscheinung sonst zu ungleichmäfsig sich da
Andrerseits durfte der Weg aber auch nicht zu geringe sei
die Wellen wurden schon ziemlich unregelmäfsig, wenn e
6 Linien blieb. Die Gröfse 2α oder der horizontale A
des Glimmerblättchen stellte sich keineswegs in der einzelne
achtung immer ganz gleichmäfsig heraus, es traten vieln
Folge der von der einen und der andern Seite zurückla
Wellen immer auffallende Verschiedenheiten ein, durchsc
war aber 2α dem Wege gleich, den die Scheibe machte. I
grofs war auch die Höhendifferenz zwischen dem obern u
untern Scheitel der Wellen, und letztere oder der Werth
stellte sich nur merklich geringer heraus, wenn die Wassertie
ger, als 1 Zoll maafs. Der Grund hiervon ist ohne Zweifel
verhältnifsmäfsig viel stärkern Reibung zu suchen, die alsd
dem Wege von der erregenden Scheibe bis zu der Stelle,
Messungen gemacht wurden, einen ansehnlichen Theil der
gen Kraft bereits zerstört hatte. Dieses Verhältnifs zwische
β dauerte indessen nur so lange, als die Maschine im Gan
Sobald die Erregung aufhörte, setzten sich die horizontalen S
kungen noch einige Minuten hindurch fort, und nahmen so
übergehend eine weit gröfsere Ausdehnung an, während d
lenhöhe sich augenblicklich sehr stark verminderte und b
mefsbar klein wurde.

Die Messung der Geschwindigkeiten der Wellen war sehr unsicher. Ohnfern der Scheibe legte ich beim Vorübergange eines Wellenscheitels nach dem Schlage der Secundenuhr auf die Rinne ein Stäbchen und nach 3, oder zuweilen auch nur nach 2 Secunden ein zweites Stäbchen an die Stelle, wo dieser Scheitel sich alsdann befand. Die nachstehende Tabelle giebt die Mittelzahlen aus je zehn solcher Messungen an und zugleich die nach den beiden obigen Ausdrücken berechneten Werthe der Geschwindigkeiten

Wassertiefe	c beobachtet	$c = \sqrt{2gp}$	$c = \sqrt{3gp}$
1 Zoll	19,3 Zoll	13,4 Zoll	23,7 Zoll
1,5	24,9	16,5	29,0
2	27,8	19,0	33,5
2,5	33,2	21,3	37,5
3	37,7	23,3	41,1

Man bemerkt, dafs die beobachteten Geschwindigkeiten jedesmal zwischen die beiden berechneten fallen, dafs sie aber namentlich bei den gröfseren Tiefen sich den letzten Werthen nähern. Die Geschwindigkeit, nach dem Ausdrucke $\sqrt{3gp}$ berechnet verhält sich zu der beobachteten bei den 5 verschiedenen Tiefen, wie

1,23 1,17 1,21 1,13 1,09

zu 1. Die Differenz wird also immer geringer, wie der Einflufs der Reibung sich vermindert, und sonach darf man wohl annehmen, dafs dieser Ausdruck für c an sich richtig ist, jedoch die Resultate der Messung nicht scharf wiedergeben kann, weil er die Reibung nicht berücksichtigt.

Scott Russell hat eine sehr grofse Anzahl von ähnlichen Geschwindigkeits-Messungen angestellt*), die in gewisser Beziehung mit viel gröfserer Schärfe gemacht sind, als mein Apparat gestattete, die aber unglücklicher Weise die Erscheinung in so verschiedenen Stadien ihrer Entwickelung umfassen, dafs man keine befriedigende Resultate daraus ziehn kann. Die von ihm benutzte Wellenrinne war 20 Fufs lang und 1 Fufs breit und hoch. An dem einen Ende befand sich noch ein kleines durch ein Schütz abzuschliefsendes Bassin, in welchem der höhere Wasserstand dargestellt wurde, der zur Erregung der Wellen diente. Sobald dieses

*) Reports of the British Association for the Advancement of Science. London 1837 und 1844.

Schütz plötzlich geöffnet wurde, so trat die Welle in die Rinne und durchlief diese bis an das hintere Ende. Von hier kehrte sie um, bevor sie aber das Schütz wieder erreichte, mufste dasselbe schon geschlossen sein, so dafs die Welle auch von diesem aufs Neue zurückgeworfen wurde. In einem Falle wurde der Vorübergang der Welle 68 mal hinter einander beobachtet, so dafs ihr ganzer Weg 1360 Fufs betrug. Dazu kommt aber noch, dafs Scott Russel die Wellen zuerst immer einige Male hin und herlaufen liefs, ehe er den Vorübergang beobachtete.

Eine optische Vorrichtung wurde benutzt, um durch Reflection des Lichtes den Scheitel sicher zu erkennen, und eine Tertien-Uhr diente zur Zeitbestimmung. Die Höhe der Welle wurde an einigen seitwärts angebrachten Glasröhren beobachtet, in denen jedoch kaum die Erhebung sich vollständig darstellen mochte, da dieselbe Vorrichtung bekanntlich die Schwankungen des Wasserstandes vermindert und daher benutzt wird, um die Pegel von der Einwirkung des Wellenschlages unabhängig zu machen. Nichts desto weniger liefsen auch diese Röhren deutlich erkennen, dafs die Wellenhöhe nach und nach sich sehr stark verminderte, also die Erscheinung wesentlich ihre Natur änderte.

Im Ganzen wurden 55 Beobachtungsreihen angestellt, und die Anzahl der einzelnen Messungen beläuft sich auf mehr, als 600. Unter diesen wählt Scott Russel 77 aus, bei welchen die Wassertiefen 1 bis $7\frac{1}{4}$ Zoll, und die durchlaufenen Wege 40 bis 240 Fufs maafsen. Die Geschwindigkeiten wurden mit sehr wenigen Ausnahmen gröfser gefunden, als der Ausdruck $c = \sqrt{2gp}$ sie ergiebt. Scott Russel findet, dafs diese 77 Beobachtungen an den Werth

$$c = \sqrt{2g(p + \beta)}$$

sich gut anschliefsen, wo β wieder die halbe Wellenhöhe bedeutet. Dieses ist allerdings annähernd richtig, doch bestätigt sich dieses Gesetz nicht durch die sämmtlichen Messungen, auch zeigen dieselben vielfach so auffallende und unerklärliche Differenzen, dafs sie wohl nicht als besonders genau angesehn werden können. Eine so grofse Annäherung an den oben entwickelten Ausdruck, wie meine Messungen ergeben, zeigt sich hier nur sehr selten und ohne Zweifel rührt dieses davon her, dafs die Wellen zur Zeit der Beobachtung sich schon sehr geschwächt hatten und β vergleichungsweise gegen α schon sehr klein geworden war.

Wenn man fragt, woher die Bahnen, in welchen die Theilchen der Oberfläche sich bewegen, gleiche vertikale und horizontale Durchmesser haben, so dürfte sich dieses vielleicht dadurch erklären, dafs bei der überwiegenden Gröfse der Reibung, welche die Wasserfäden am Boden des Bassins erfahren, die mitgetheilte lebendige Kraft sich um so leichter übertragen kann, je gröfser die vertikalen Durchmesser werden, dafs dagegen die Impulse, welche die Wassertheilchen erhalten, und zwar eben sowol wenn dieselben von der Scheibe, als wenn sie vom Winde herrühren, nur horizontal gerichtet sind, und daher auch in vertikaler Richtung keine gröfsere Geschwindigkeit oder keine Ueberhöhung der Bahn veranlassen können.

Diese Bahnen, in denen $\alpha = \beta$ ist, schliefsen sich sehr nahe der Form des Kreises an. Im obern und untern Scheitel fallen sie mit einem solchen zusammen und an den beiden Seiten ist der Unterschied nur unbedeutend. Um die Abweichungen beider Curven von einander zu übersehn, ziehe man von dem Anfangspunkte der Coordinaten eine Linie, welche sowol die Bahn, als auch den Kreis schneidet. Der Winkel, den sie mit dem Lothe macht, sei gleich φ. Aus dem Punkte, wo sie den Kreis trifft, ziehe man eine zweite Linie nach dem Mittelpunkte des Letzteren. Es bildet sich alsdann ein Dreieck, in welchem man zwei Seiten, nämlich β und γ und den an γ anstofsenden Winkel φ kennt. Hieraus läfst sich die Länge der ersten Linie bis zu ihrem Zusammentreffen mit dem Kreise finden. Ihre Länge bis zur Bahn ist gleich $\sqrt{x^2 + y^2}$, und der Unterschied dieser Längen bezeichnet den Abstand beider Curven in einer Richtung, die zu beiden nahe normal ist.

Man löse die Ausdrücke in unendliche Reihen auf und vernachlässige die höhern Potenzen, so findet man den Abstand beider Curven

$$\beta \sigma \operatorname{Sin} \varphi^2 \left[\operatorname{Cos} \varphi - \tfrac{1}{2} \sigma (1 + \operatorname{Cos} \varphi^4)\right]$$

Dieser Ausdruck wird ein Maximum, sobald sein Differenzial gleich Null ist, und hieraus ergiebt sich

$$\sigma = \frac{3 \operatorname{Cos} \varphi^2 - 1}{\operatorname{Cos} \varphi (1 - 2 \operatorname{Cos} \varphi^3 + 3 \operatorname{Cos} \varphi^5)}$$

Ich setze beispielsweise $\sigma = 0{,}033$, also $\varrho = 0{,}1$. Die ganze Wellenhöhe ist also dem fünften Theile der Tiefe gleich. Alsdann

treten die positiven Maxima ein, wenn $\varphi = 54° 25' 10''$ und φ
$305° 34' 50''$, und zwar sind sie gleich $0{,}0124 . \beta$. Die negati
Maxima zeigen sich dagegen, wenn $\varphi = 125° 44' 3''$ und $\varphi = 2$
$15' 57''$, und ihr Werth ist $= - 0{,}0132 . \beta$. Die Abweichung
trägt also nur etwa $1\frac{1}{4}$ Procent der Länge des Radius. Zeic
man die Bahn, so scheint sie in der That ein Kreis zu sein.
bemerkt die Abweichungen nur, wenn man den richtigen K
gleichfalls auszieht.

Gröfser ist die Verschiedenheit, die sich in Bezug auf die
schwindigkeit der in der Oberfläche befindlichen Wasserth
chen herausstellt.

$$v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$$

$$= \frac{\beta}{p} c \sqrt{1 - 4\sigma \operatorname{Cos}\varphi^2 - (2 \operatorname{Cos}\varphi^2 - 10 \operatorname{Cos}\varphi^4)\sigma^2 -}$$

und wenn man die höheren Potenzen von σ vernachlässigt

$$v = \frac{\beta}{p} c (1 - 2\sigma \operatorname{Cos}\varphi^2)$$

die geringste Geschwindigkeit tritt daher im obern Scheitel
sie ist

$$\frac{\beta}{p} c (1 - 2\sigma)$$

und die gröfste, die im untern Scheitel statt findet, ist

$$\frac{\beta}{p} c (1 + 2\sigma)$$

Wenn σ wieder gleich $0{,}033$ gesetzt wird, so ist der in die P
diese eingeschlossene Factor im ersten Falle $0{,}933$ und im zw
$1{,}067$. Die beiden Extreme verhalten sich also wie

$$1 : 0{,}88$$

Der mittlere Werth dieser Geschwindigkeit ist

$$v = \frac{\beta}{p} c$$

und derselbe ist um so geringeren Schwankungen ausgeset
gröfser die Wassertiefe vergleichungsweise zur Wellenhöhe ist,
je kleiner ϱ und σ werden.

Die mittlere Angular-Geschwindigkeit ist ferner

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{c}{p}$$

Wenn man in dem obigen Ausdrucke für die Länge der
die höheren Potenzen von σ vernachlässigt, so ist

$$\lambda = \frac{2 \alpha p \pi}{\beta}$$

oder wenn $\alpha = \beta$

$$\lambda = 2 p \pi$$

Für diesen Fall findet man auch

$$c^2 = \tfrac{1}{2} \frac{g \lambda}{\pi}$$

und

$$\tau = 2 \pi \sqrt{\frac{p}{3 g}}$$

§. 4.

Wellen auf Wasserflächen von gröfserer, jedoch endlicher und constanter Tiefe.

Die bisherigen Untersuchungen bezogen sich auf die beiden Extreme der Erscheinung, nämlich auf Wellen, die sich bei unendlich grofser und bei sehr kleiner Wassertiefe bilden. Die dazwischen liegenden Fälle schliefsen sich weder an die eine, noch an die andre unmittelbar an. Wollte man die für kleine Tiefen gefundenen Gesetze auch auf gröfsere anwenden, so würden die Geschwindigkeiten schon bei mäfsiger Tiefe sich viel gröfser herausstellen, als sie in der Wirklichkeit je vorkommen. Andrerseits können die Wellenbewegungen, die bei unendlicher Tiefe sich darstellen, über einem Boden in endlicher Tiefe nicht eintreten, weil sie unmittelbar über dem letzteren entweder leere, oder überfüllte Räume bilden würden. Indem nun aber die zuerst gefundenen Gesetze, namentlich in Bezug auf Geschwindigkeit und Länge der Wellen sich an die Beobachtungen befriedigend anschliefsen, welche bei endlicher und zum Theil sogar bei mäfsiger Tiefe gemacht sind, so darf man wohl annehmen, dafs in diesem Falle keine neue, von den bisher untersuchten verschiedene, Art der Bewegung eintritt, vielmehr jene beide sich vereinigen, indem an einer gewissen Stelle eine in die andre übergeht.

Der Unterschied zwischen diesen beiden Bewegungen beruht in der Art und Weise, wie die Wasserfäden hin- und herschwanken. Bei unendlicher Tiefe steht ihr Fufs unbeweglich an derselben Stelle und sie neigen sich nur abwechselnd nach vorn und nach hinten über. Bei sehr geringer Tiefe behalten sie dauernd die lothrechte

Stellung bei, und bewegen sich gleichmäfsig in ihrer ganzen Höhe hin und her. Bis zu welcher Höhe diese letzte Bewegung noch eintreten kann, läfst sich im Allgemeinen nicht angeben. Scott Russel ist der Ansicht, dafs dieses auch noch auf Schiffahrts-Canälen geschehe, doch lassen seine Mittheilungen dieses nicht näher übersehn. Er nennt die Welle dieser Art „the great primary wave of translation" und legt ihr zunächst die Eigenthümlichkeit bei, dafs sie immer nur einzeln, nie aber in einem ganzen Wellensysteme auftritt. Diese Angabe ist wohl nicht richtig, denn wenn der Impuls zur Wellenbildung auch nur momentan gegeben wird, so bemerkt man doch jedesmal, dafs mehrere Wellen hinter einander auftreten, von denen freilich jede folgende viel schwächer als die vorhergehende ist, weil sie nicht unmittelbar durch den Stofs veranlafst wurde. Demnächst sagt er, ohne jedoch eine nähere Begründung dafür zu geben, dafs in diesen Wellen die horizontalen Wege der sämmtlichen übereinander liegenden Wassertheilchen gleich grofs sind. Es werden zwei hierher gehörige Beobachtungen angeführt, die bei Wassertiefen von 3 und $5\frac{1}{4}$ Fufs angestellt wurden, doch ist die Bezeichnung der Tiefe wieder mangelhaft. Die beobahteten Geschwindigkeiten fallen auch hier zwischen die Werthe, die sich aus den Ausdrücken $\sqrt{2gp}$ und $\sqrt{3gp}$ ergeben. Interessant ist hierbei aber die Art der Erregung der Wellen. Ein Schnellboot, von Pferden in starkem Trabe gezogen, bildete nämlich die Welle und wenn das Boot plötzlich angehalten wurde, so setzte die Welle allein ihren Weg weiter fort. Scott Russel verfolgte sie einmal eine Englische Meile weit, ehe sie so niedrig wurde, dafs sie nicht mehr deutlich erkannt werden konnte. Besonders wichtig ist die Beobachtung, dafs die Geschwindigkeit des Bootes auf die der Wellen keinen Einflufs hatte. Das Boot wurde nämlich mit den sehr verschiedenen Geschwindigkeiten von 3 bis 10 Englischen Meilen in der Stunde gezogen, und dennoch durchlief die Welle einen dahinter abgesteckten Raum von 700 Fufs Länge jedesmal in $61\frac{1}{2}$ bis $62\frac{1}{2}$ Secunden. Der geringe Unterschied von 1 Secunde war aber nur zufällig, denn es traf sich sogar, dafs gerade bei der gröfsten und der kleinsten Geschwindigkeit des Bootes dieselbe Zwischenzeit gemessen wurde.

Der Uebergang aus einer der vorstehend untersuchten Bewegungsarten in die andre kann natürlich nur da er

[illegible]gen, wo die Bewegung der Wassertheilchen an beide sich anschliefst, und er würde sich nicht als unmöglich darstellen, wenn dieser Anschlufs auch nicht in aller Strenge, sondern nur annähernd statt fände. Man darf nämlich voraussetzen, dafs die lebendige Kraft, welche der Oberfläche des Wassers dauernd mitgetheilt wird, hinreichend ist, um geringe Differenzen auszugleichen. Aufserdem aber darf man auch nicht unbeachtet lassen, dafs die gefundenen Gesetze der Wellenbewegung bei sehr geringen Wassertiefen überhaupt nur als annähernd richtig anzusehn sind.

Wenn nun die letzte Wellenbewegung sich soweit aufwärts fortsetzt, bis die Bahn gleiche horizontale und vertikale Durchmesser hat, sich also dem Kreise sehr nähert, so ergaben sich für die Länge der Welle und für die absoluten und Angular-Geschwindigkeiten der Wassertheilchen, die solche Bahnen durchlaufen, die Näherungswerthe

$$\lambda = 2p\pi$$

$$v = \beta \frac{c}{p}$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{c}{p}$$

für die Wellen auf unendlicher Tiefe waren dagegen die entsprechenden Werthe

$$\lambda = 2r\pi$$

$$v = \varrho \frac{c}{r}$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{c}{r}$$

Die grofse Uebereinstimmung dieser Ausdrücke leuchtet ein. Der Halbmesser ϱ kann alle Werthe zwischen r und 0 annehmen. In einer gewissen Tiefe ist er also auch gleich β, oder dem Radius derjenigen Bahnen, welche die Wassertheilchen der Oberfläche des untern Systems durchlaufen. Wenn die Höhe dieser Uebergangsschicht über dem Boden oder p dem Radius r gleich ist, von dem bei unendlich tiefem Wasser die Wellenlänge und die Geschwindigkeit der Welle abhängt, so stimmen diese Ausdrücke genau überein. Es bildet sich also bei endlicher Tiefe unmittelbar über dem horizontalen Meeresgrunde dasjenige Wellensystem aus, wobei die Wasserfäden ohne ihre senkrechte Stellung aufzugeben, sich nur hin- und herbewegen, weiter aufwärts neigen sie sich aber abwechselnd

vor und zurück in gleicher Weise, als ob sie sich bis zur unendlichen Tiefe fortsetzten. Das wesentlichste Bedenken, welches sich dieser Auffassung entgegenstellt, bezieht sich augenscheinlich auf die Geschwindigkeit der Wellen, die für beide Systeme in dem Verhältnisse von

$$\sqrt{2} : \sqrt{3} = 9 : 11$$

verschieden sein würde. Nach allen Beobachtungen ist indessen in der Wirklichkeit der Unterschied schon geringer, und scheint sich etwa auf 10 Prozent zu reduciren, insofern die starke Reibung über dem Boden den Fufs der Wasserfäden zurückhält.

In den meisten Fällen, wie sie sich in der Natur darstellen, ist überdies der Radius der Bahnen in dieser Uebergangsschicht sehr klein, die Abweichung kann daher auf die Bewegung im Ganzen wenig Einflufs haben und die geringen Differenzen in der absoluten Geschwindigkeit der betreffenden Wassertheilchen werden durch die starke Bewegung der obern Schichten leicht ausgeglichen. Endlich mufs man auch darauf Rücksicht nehmen, dafs die Wellenbewegung sich erfahrungsmäfsig niemals ganz regelmäfsig gestaltet, und es wäre möglich, dafs dieses vielleicht theilweise auch davon herrührt, dafs jener Uebergang mit manchen Störungen verbunden ist.

Bezeichnet man nun den Radius der Bahnen in der Uebergangsschicht mit β, und denjenigen in der Oberfläche des Wassers mit ϱ, während r nicht nur wie früher der Radius der kreisförmigen Bahn ist, die durch ihren Umfang die Wellenlänge bestimmt, sondern zugleich die Höhe der Uebergangsschicht über dem Boden des Bassins ausdrückt, so liegt die Uebergangsschicht in der Tiefe

$$r\left(\text{log. nat.}\,\frac{r}{\beta} - \text{log. nat.}\,\frac{r}{\varrho}\right) = r \,.\, \text{log. nat.}\,\frac{\varrho}{\beta}$$

unter der Oberfläche des Wassers und ihr Abstand vom Boden ist gleich r. Die ganze Wassertiefe ist daher

$$P = r\left(1 + \text{log. nat.}\,\frac{\varrho}{\beta}\right)$$

folglich

$$e^{\frac{P-r}{r}} = \frac{\varrho}{\beta}$$

oder

$$e^{1-\frac{P}{r}} = \frac{\beta}{\varrho}$$

Wassertiefe und zugleich die Wellenlänge, also auch r
ist dadurch schon das Verhältnifs der Radien ϱ und β
re absoluten Werthe kennt man indessen nicht, und
ohnfehlbar von der dem Wasser mitgetheilten leben-
ab. Letztere steht unzweifelhaft mit der Geschwin-
Wellen in einer gewissen Beziehung, also auch mit r.
irfte sich die Voraussetzung rechtfertigen, dafs die dem
getheilte Bewegung sich so gestaltet, dafs die lebendige
ichungsweise zur Reibung ein Minimum wird. Die Rei-
lessen zweifach, nämlich einmal entsteht sie durch das
der Wasserfäden gegen einander, und sodann durch
ing, welche der Fufs jedes Fadens längs dem Boden
se letzte Reibung ist gänzlich unbekannt, man kann
er nicht in Rechnung stellen, sie ist aber gewifs gegen
ch sehr geringe, weil der Weg, den der Fufs des Fa-
äuft, nur sehr klein, auch die Geschwindigkeit sehr ge-

endige Kraft, wie die Reibung und zwar beides in der
einer Wellenlänge für die Wellenbewegung in unend-
ist schon früher angegeben. Bei sehr geringer Tiefe
n Fall, dafs die Wasserfäden ihre lothrechte Stellung
findet man aber annähernd

$$L = \frac{1}{2}\beta^2 c^2 n$$

$$R = 2kc\beta$$

letzten Ausdrücke gelten wieder für eine Wellenlänge
Tiefe vom Boden aufwärts bis zu derjenigen Schicht,
en gleiche horizontale und vertikale Durchmesser haben.
ergeben sich die lebendigen Kräfte und die Reibungen
Wassermasse. Der einfacheren Bezeichnung wegen sei

$$\frac{\varrho}{r} = \varepsilon$$

$$\frac{\beta}{\varrho} = n$$

$$\frac{\beta}{r} = \varepsilon n$$

man die Reibung

$$R = \frac{4}{3} kcr\,(\varepsilon^3 - n^3\,\varepsilon^3 + \frac{3}{2} n\varepsilon)$$

$$L = c^2\,r^2\,n\,(\varepsilon^2 + \frac{1}{2} n^2\,\varepsilon^2)$$

folglich
$$\frac{R}{L} = \frac{2k}{3cr\pi} \cdot \frac{2(1-n^2)\,\varepsilon^2 + 9n}{(3+n^2)\,\varepsilon}$$

In diesem Ausdrucke ist nur ε unbekannt, man mufs dense also in Bezug auf diese Gröfse differenziren und das Differei gleich Null setzen, dadurch erhält man

$$\varepsilon = 3\sqrt{\frac{n}{2(1-n^2)}}$$

oder wenn man für ε seinen Werth einführt, so folgt

$$\varrho = \frac{3r}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{n}{1-n^2}}$$

n ist aber bereits bekannt, nämlich

$$n = e^{1-\frac{P}{r}}$$

Man findet endlich noch

$$\beta = \varrho \, . \, e^{1-\frac{P}{r}}$$

Um die Rechnung nach diesen Formeln zu erleichtern, ich der mehrfach erwähnten Abhandlung in den Schriften der demie zwei Tabellen beigefügt, von denen die erste für die schiedenen Werthe von $\frac{r}{P}$ die entsprechenden Werthe von $\frac{\varrho}{P}$ $\frac{\beta}{P}$ enthält. In der zweiten dagegen ist $\frac{\varrho}{P}$ als Argument ange men und die Tabelle giebt die entsprechenden Werthe v und $\frac{\beta}{P}$ an.

Die mittlere Wassertiefe der Ostsee mifst ungefähr 35 Faden,

$$P = 210 \text{ Fufs.}$$

Wenn sich auf derselben Wellen von 6 Fufs Höhe bi so ist

$$\varrho = 3 \text{ Fufs}$$

also
$$\frac{\varrho}{P} = 0{,}01430$$

Hieraus ergiebt sich durch unmittelbare Rechnung, oder nach Tabelle

$$\frac{r}{P} = 0{,}14077$$

und
$$\frac{\beta}{P} = 0{,}000032$$

Die Uebergangsschicht liegt sonach über dem Boden in der

$$r = 29{,}562 \text{ Fufs}$$

ist $\beta = 0{,}00672$ Fuſs

nicht eine Linie. Der Weg, den der Fuſs des Wasser-
chläuft, miſst also etwa nur 2 Linien. Auſserdem fin-

$$\lambda = 185{,}74 \text{ Fuſs}$$
$$c = 30{,}408 \text{ Fuſs}$$
$$\tau = 6{,}110 \text{ Secunden.}$$

ereits erwähnten Beobachtungen, die in der Bai von Ply-
gestellt sind, schlieſsen sich an diese Rechnung nicht an,
rührt ohne Zweifel davon her, daſs die Wellen auf der
Tiefe, wo sie gemessen wurden, nicht entstanden, viel-
tieferm Wasser hier eingelaufen waren. Ganz dasselbe
bei einer der in der Nähe von Swinemünde im frischen
nachten Messung der Fall. Letztere schlieſst sich den
den Gesetzen jedoch an, wenn die Tiefe, die daselbst nur
etrug, um die Hälfte vergröſsert wird. Die beobachteten
efen bei dem südlichen Winde aber auch in der That von
tieferen Wasserflächen hier auf.

andere Beobachtungen, die der Lootsen-Commandeur
stellte, stimmen dagegen mit den vorstehenden Gesetzen
überein. In der ersten war

$$P = 18 \text{ Fuſs}$$
$$\varrho = 0{,}875 \text{ Fuſs}$$
$$c = 10{,}309 \text{ Fuſs.}$$

ergiebt sich

$$r = 3{,}3994$$
$$\frac{r}{P} = 0{,}1888$$

us findet man

$$\frac{\varrho}{P} = 0{,}0468$$
$$\varrho = 0{,}8428$$

r genau übereinstimmend mit der beobachteten durchschnitt-
lben Wellenhöhe. Endlich findet man noch

$$\beta = 0{,}0119 \text{ Fuſs oder } 1\tfrac{1}{4} \text{ Linien.}$$

zweite Messung wurde an einer Stelle gemacht, wo die
deutend gröſser war.

$$P = 27 \text{ Fuſs}$$
$$c = 12{,}121 \text{ Fuſs}$$
$$\varrho = 1 \text{ Fuſs.}$$

Man findet aus dem Werthe für c

$$r = 4{,}6993$$

folglich $$\frac{r}{P} = 0{,}1740$$

und daraus $$\frac{\varrho}{P} = 0{,}0355$$

daher $$\varrho = 0{,}9585$$

Schliefslich mufs ich in Betreff der von mir mittelst de
lenrinne angestellten Messungen noch erwähnen, dafs ϱ :
gröfser werden kann, als r. Beide Radien sind einander
wenn sie, durch die Wassertiefe P dividirt, den Werth 0,397
nehmen. Hieraus folgt, dafs auf Wasserflächen von con
Tiefe die ganze Wellenhöhe äufsersten Falles nur $\frac{4}{5}$ der Was
betragen kann, wenn noch das vortheilhafteste Verhältnifs zu
der lebendigen Kraft und der Reibung sich darstellen soll. Da
mum des Werthes von $\frac{\beta}{P}$ ist aber 0,08743. Der Weg, d
Fufs des Wasserfadens auf dem Boden durchläuft, kann dahe
derselben Voraussetzung nicht gröfser, als der zwölfte Th
Wassertiefe sein. Bei meinen Beobachtungen wurde diese let
dingung augenscheinlich nicht erfüllt, weil die Bewegung,
der Scheibe gab und geben mufste, um höhere Wellen darzu
schon viel gröfser war. Die Resultate dieser Beobachtunge
ren daher nicht zu dem hier untersuchten Falle, der sich
gleichzeitige Auftreten beider Wellensysteme bezieht. Sie
die Erscheinung nur in der Art, wie sie unterhalb der Uebe
schicht vorgeht. Die Wellenperiode maafs bei meinen B
tungen jedesmal ungefähr 1 Secunde, wenigstens niemals be
weniger. Die Gesetze, welche für unendliche Wassertiefen o
die oberhalb der Uebergangsschicht gebildeten Wellen gelt
geben nun für $\tau = 1$

$$r = \frac{g}{2\pi^2} = 9{,}5 \text{ Zoll}$$

Der Wasserstand in der Rinne, der äufsersten Falls nur $3\frac{1}{2}$ Z
trug, hätte also die Höhe von mehr als $9\frac{1}{2}$ Zoll haben müss
zugleich die erste Art der Wellenbewegung oder das Uebe
der obern Theile der Wasserfäden zu zeigen.

§. 5.
Wellen auf ansteigendem Grunde.

Die Schwierigkeiten, denen man schon in der Untersuchung der Wellenbewegung bei endlicher, aber constanter Tiefe begegnet, vergröfsern sich in hohem Grade, wenn man zu denjenigen Wellen übergeht, die Untiefen antreffen und gegen die Ufer laufen. Die Kenntnifs der Gesetze, welche die Bewegung und Wirkung dieser Wellen bedingen, ist indessen beim See- und Hafenbau besonders wichtig. Es kommt also darauf an, die Erfahrungen, die über sie gemacht sind, zu sammeln, und soweit es geschehn kann, auch zu erklären.

In der Nähe der Ufer oder auf den Untiefen vor denselben bilden sich niemals neue Wellen von bedeutender Gröfse, weil es hier an den dazu erforderlichen Kräften fehlt. Die Wellen, die man auflaufen und brechen sieht, haben ihren Ursprung in der offenen See. Von dort aus setzen sich die obern Scheitel vermöge des Druckes, den sie auf die nächsten Wasserfäden ausüben, über diejenigen Flächen fort, die weniger tief unter Wasser und zum Theil sogar über Wasser liegen. Das Letztere geschieht namentlich auf dem Strande, oder der flachen Sandablagerung, die sich nicht nur vor niedrigen, sondern häufig selbst vor hohen Ufern hinzieht.

Bei dieser Uebertragung der Bewegung darf eine Zerstörung der lebendigen Kraft nicht vorausgesetzt werden, wenn man von der Reibung absieht und wenn die Welle nicht etwa bricht oder brandet. Ein Wasserfaden, der durch eine steile Klippe in seiner ganzen Höhe oder nur theilweise am Ausschwingen verhindert wird, erleidet an allen Stellen, wo seine Bewegung gehemmt ist, einen verstärkten Druck, der nicht ohne Wirkung bleiben kann. Indem die einzelnen Wassertheilchen seitwärts nicht ausweichen können, so bewegen sie sich nach der freien Oberfläche, oder die Welle erhebt sich zu gröfserer Höhe und wirkt demnach um so stärker auf die folgenden Fäden. Wirkliche Stöfse, welche die lebendige Kraft theilweise zerstören, finden bei dieser Uebertragung der Bewegung nicht statt.

Indem die einzelnen Wellen in der offenen See entstehn und ihre Periode den dortigen Verhältnissen entspricht, so ergiebt sich,

dafs diese Wellen bei ihrer Annäherung an das Ufer und b
Auflaufen auf den Strand auch in denselben Zwischenzeit
einander folgen müssen. Nach den früheren Untersuchungen
bei constanter und zwar geringer Wassertiefe die Periode der W
len der Quadratwurzel ihrer Länge proportional. Dieses Ges
verliert im vorliegenden Falle seine Gültigkeit. Indem die Geschw
digkeit der Wellen sich aber vermindert, so rücken ihre Schei
bei der gleichen Periode näher an einander, oder ihre Längen v
kürzen sich. Es ergiebt sich hieraus, dafs die Erscheinungen weg
ihrer unvollständigen Ausbildung viel complicirter werden. Bei ihr
grofsen Wichtigkeit rechtfertigt sich indessen der Versuch, ihre
Zusammenhang mit den obigen Gesetzen wenn auch nur in einz
nen Beziehungen nachzuweisen.

Zunächst werde vorausgesetzt, dafs der Grund vor dem Uf
sich stufenförmig erhebt, und dafs jede Stufe solche Ausdehnung
hat, dafs die Welle, während sie darüber läuft, diejenige Geschwin
digkeit annimmt, welche der jedesmaligen constanten Tiefe ent
spricht. Die Annahme, dafs die lebendige Kraft der Welle sich
nicht vermindert, ist bereits erörtert. Diese beiden Bedingungen
genügen indessen noch nicht, um die nach und nach eintretenden
Modificationen der Erscheinung festzustellen, man mufs vielmehr
noch die dritte Voraussetzung einführen, dafs dabei stets solche Wel
len sich bilden, in welchen die Reibung der Wassertheilchen ge
gen einander vergleichungsweise zur lebendigen Kraft ein Mini
mum bleibt.

Unter Beibehaltung der früheren Bezeichnung hat man alsdann
die Bedingungsgleichungen

$$\frac{\beta}{\varrho} = e^{1-\frac{p}{r}} = n$$

$$L = 2\, g\, \pi\, r\, \varrho^2\, (1 + \tfrac{1}{2} n^2)$$

und
$$\varrho = \frac{3r}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{n}{1-n^2}}$$

Indem nun, wie vorausgesetzt, L constant ist, so kann man

$$r\varrho^2 = (1 + \tfrac{1}{2} n^2) = K$$

setzen. Hieraus ergiebt sich

$$r = \frac{K}{\varrho^2\,(1 + \frac{1}{2} n^2)} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{\frac{1-n^2}{n}}$$

und folglich

$$\varrho^2 = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot \frac{K}{1+\frac{1}{2}n^2} \cdot \sqrt{\frac{n}{1-n^2}} \quad . \; . \; . \; A$$

jener ersten Bedingungsgleichung erhält man aber auch noch Ausdruck

$$\frac{P}{r} = 1 - \log. \text{nat.}\, n \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; B$$

Diese beiden Gleichungen genügen, um alle Bestimmungsstücke Wellen zu berechnen, sobald P und K bekannt sind. Die Rech- läfst sich aber nicht direct, sondern nur versuchsweise ausfüh- und am einfachsten geschieht dieses, wenn man für n verschie- willkührliche Werthe annimmt. Die Gleichung A ergiebt als- direct die Gröfse ϱ und folglich auch β, und die Gleichung B zur Bestimmung von r. Die betreffenden Gröfsen c, λ und τ alsdann aus r herzuleiten, da

$$c = \sqrt{2gr}$$
$$\lambda = 2\pi r$$
$$\tau = \frac{\lambda}{c}$$

Beispielsweise werde die am Schlusse des vorigen Paragraphen getheilte Beobachtung zum Grunde gelegt, wonach

P oder die Wassertiefe gleich 27 Fufs und

ϱ oder die halbe Wellenhöhe gleich 1 Fufs ist.

raus findet man nach den in § 4 entwickelten Ausdrücken

r oder den Radius desjenigen Kreises, dessen Umfang der Wellenlänge gleich ist, gleich 4,7884 Fufs,

β oder die Hälfte des Weges, den der vertikale Theil des Wasserfadens hin und her durchläuft, gleich 0,00967 Fufs,

c oder die Geschwindigkeit der Welle 12,235 Fufs,

λ oder die Länge der Welle 30,086 Fufs,

τ oder die Periode der Welle 2,4591 Secunden,

$n = \frac{\beta}{\varrho}$ ist gleich 0,00967 und endlich

K gleich 4,7886.

Um die Aenderungen darzustellen, welche die Welle erleidet, während sie nach und nach auf Wasserflächen von geringerer Tiefe tritt, so sind in der umstehenden Tabelle für die Gröfse n verschiedene Werthe angenommen, und es ergeben sich daraus die übrigen Bestimmungsstücke

n	ϱ	β	r	P	c	λ	τ
0,01	1,005	0,010	4,74	26,56	12,17	29,77	2,45
0,02	1,128	0,022	3,76	18,47	10,84	23,63	2,18
0,03	1,207	0,036	3,28	14,80	10,13	20.64	2.04
0,04	1,266	0,051	2,98	12,59	9,66	18,75	1,94
0,05	1,314	0,066	2,77	11,07	9,31	17,41	1,87
0,06	1,355	0,081	2,61	9,97	9,04	16,42	1,82
0,07	1,390	0,097	2,48	9,08	8,81	15,58	1,77
0,08	1,421	0,114	2,37	8,37	8,61	14,91	1,73
0,09	1,449	0,130	2,28	7,78	8,45	14,35	1,70
0,10	1,474	0,147	2,20	7,25	8,29	13,80	1,66
0,15	1,576	0,236	1,91	5,55	7,74	12,03	1,55
0,20	1,651	0,330	1,73	4,52	7,36	10,89	1,48
0,25	1,712	0,428	1,60	3,82	7,06	10,06	1,42

Aus dieser Zusammenstellung ersieht man zunächst, dafs b
abnehmender Wassertiefe die Wellenhöhe sich vergröfsert. Die
bestätigt die Erfahrung. Sodann bemerkt man, dafs die Wert
von β, also die Schwingungen der untern, oder der vertikalen The
der Wasserfäden sich gleichfalls vergröfsern. Dieses mufs auch u
bedingt geschehn, weil bei einer gewissen Tiefe das obere W
lensystem ganz verschwindet oder der ganze Faden seine lothrec
Stellung stets beibehält. In diesem Falle wird β gleich ϱ.

Ferner vermindert sich r sehr bedeutend und hieraus ergi
sich unmittelbar, dafs auch die Geschwindigkeit, die Länge und
Periode der Wellen sich vermindern mufs. Die Veränderung
Periode tritt indessen nicht ein, weil man, wie bereits erwähnt, n
diejenigen Wellenscheitel sieht, die aus der offenen See komm
die also in denselben Zwischenzeiten, in welchen sie dort auf e
ander folgen, auch auf den Strand auflaufen. Wegen der verm
derten Geschwindigkeit treten aber diese Scheitel näher an einan
oder die Längen der Wellen vermindern sich.

Wollte man wegen der gleichen Zwischenzeiten die Beding
einführen, dafs die Wellen auf den verschiedenen Wassertiefen d
selbe Periode oder denselben Werth von τ beibehalten und die
entsprechend sich ausbilden, so würde hieraus unmittelbar folg
dafs auch die Geschwindigkeiten und die Längen der Wellen, a
zugleich die Abstände je zweier Scheitel dieselben bleiben. Die
ist beim Auflaufen der Wellen auf Untiefen oder auf den Str
augenscheinlich nicht der Fall. Auch in Beziehung auf die Well

höhe entspricht diese Voraussetzung nicht der wirklichen Erscheinung. Wenn man nämlich die Bedingung einführt, dafs die lebendige Kraft und die Periode, also K und τ, folglich auch r, unverändert bleiben, so ergiebt die Rechnung, dafs bei Abnahme der Wassertiefe P auch ϱ oder die Wellenhöhe sich verkleinert, während die Erfahrung das Gegentheil zeigt.

Wahrscheinlich bildet sich jede Welle, welche auf eine Wasserfläche von geringerer Tiefe getreten ist, dieser letzteren entsprechend vollständig aus. Der Scheitel, den sie hinter sich aufwirft, ist aber, wie bei einmaliger Erregung von Wellen immer geschieht, viel niedriger, als der erste war. Indem nun diesem neuen Scheitel in sehr kurzer Zwischenzeit eine hohe Welle aus der offenen See folgt, so bemerkt man gar nicht jenen zweiten oder secundären Scheitel. Diese Betrachtung zeigt wieder, dafs die Wellenerscheinung bei variabler Tiefe höchst complicirt wird, weil darin verschiedene und von einander ganz unabhängige, aber in ihren Wirkungen gleich kräftige Wellensysteme auftreten, die sämmtlich auf das Phänomen gleichen Einflufs haben, und dieses daher auf einfache Gesetze nicht mehr zurückführen lassen.

Sehr wichtig ist ferner die Frage, wie weit eine Welle auflaufen kann, bevor die Brandung oder das Ueberneigen des Wellenscheitels beginnt. So lange dieses nicht geschieht, kehrt jeder Wasserfaden, ohne dafs sein Zusammenhang unterbrochen wird, nach einer vollen Wellenperiode wieder in seine frühere Stellung zurück. Dazu ist aber erforderlich, dafs das Durchflufsprofil unter dem untern Wellenscheitel noch hinreichende Gröfse hat, damit die zur Darstellung der folgenden Welle erforderliche Wassermenge hindurch dringen kann. Bei dieser Untersuchung darf man sich unbedenklich auf das in § 3 behandelte Wellensystem beschränken, das für mäfsige Tiefen gilt, oder in welchem die Wasserfäden in ihrer ganzen Höhe unter Beibehaltung der lothrechten Stellung nur hin- und herschwanken.

Die Welle bewegt sich, wenn die Tiefe dieselbe bleibt, unter vollständiger Beibehaltung ihrer Form mit der constanten Geschwindigkeit c. Die Wassermenge, die sie braucht, um ihre vordere Böschung darzustellen, ist zwar zum Theil auch von der Geschwindigkeit abhängig, womit die einzelnen Wasserfäden sich horizontal bewegen. Diese Geschwindigkeit ist aber vergleichungsweise zu der

der Welle sehr klein, und aufserdem im obern Scheitel positiv, im untern negativ und in der Mitte zwischen beiden gleich Null. Wenn es daher nur auf die Berechnung der zur vorderen Böschung der Welle hinzutretenden Wassermasse ankommt, so heben sich die verschiedenen Geschwindigkeiten der betreffenden Wasserfäden annähernd auf, und es genügt, diese Wassermenge allein aus der Bewegung der Welle herzuleiten. In einer Secunde durchläuft die Welle den Weg c, und da sie ihre Form beibehält, so thut dieses auch jeder einzelne Punkt der Wellenlinie. Setzt man die Breite der Welle gleich 1, so mufs in jeder Secunde eine Wassermenge zufliefsen, die einer Fläche gleich ist, deren Breite von oben bis unten c, und deren Höhe gleich der ganzen Wellenhöhe oder 2β ist. Die Wassermenge, welche durch das kleinste Profil tritt, ist daher

$$2\beta c = 2cP\varrho$$

Das Profil hat die Breite 1 und seine Höhe ist

$$P - \beta + \gamma$$

Indem es darauf ankommt, das Verhältnifs der Tiefe zur Wellenhöhe darzustellen, so empfiehlt es sich, alle Gröfsen durch

$$\varrho = \frac{\beta}{P}$$

auszudrücken. Unter Einführung der in § 3 für γ und σ gefundenen Werthe verändert sich der Ausdruck für das Profil in

$$P(1 - \varrho + \tfrac{1}{2}\varrho^2)$$

Die Geschwindigkeit, mit welcher der untere Scheitel der Wellenlinie sich gegen das Wasser bewegt, ergiebt sich am deutlichsten, wenn man die Welle als eine stehende ansieht. Die gesammte Wassermasse wird alsdann in Bewegung gedacht und zwar so, als ob sie mit der Geschwindigkeit c der Richtung der Wellen entgegen gezogen würde. In derselben Richtung bewegen sich aber auch an sich die im untern Scheitel der Welle befindlichen Wasserfäden. Ihre Geschwindigkeit ist gleich v, also relativ gegen die Bewegung der Welle

$$c + v$$

Führt man nun den obigen Ausdruck für v, nämlich

$$v = \frac{c\beta}{P} \cdot \frac{\operatorname{Cos}\varphi\,(1 + \sigma \operatorname{Cos}\varphi)}{1 + 3\sigma \operatorname{Cos}\varphi + 3\sigma^2 \operatorname{Cos}\varphi^2}$$

ein, und berücksichtigt dabei, dafs für den untern Scheitel $\varphi = \pi$,

auch dafs die Geschwindigkeit bereits rückwärts oder negativ gemessen wird, so folgt

$$v = \frac{c\beta}{P} \cdot \frac{1-\sigma}{1-3\sigma+3\sigma^2}$$

also durch Einführung der Gröfse ϱ

$$v = c\varrho \cdot \frac{1-\frac{1}{2}\varrho}{1-\varrho+\frac{1}{3}\varrho^2}$$

daher die ganze relative Geschwindigkeit

$$c + v = \frac{c}{1-\varrho+\frac{1}{3}\varrho^2}$$

Diese Geschwindigkeit mufs nun an der gesuchten Grenze gleich sein der Wassermenge dividirt durch das Profil, also

$$\frac{2c\varrho}{1-\varrho+\frac{1}{3}\varrho^2} = \frac{c}{1-\varrho+\frac{1}{3}\varrho^2}$$

folglich

$$\varrho = \frac{1}{2}$$

oder

$$\beta = \frac{1}{2} P$$

Die regelmäfsige Wellenbewegung kann also nur erfolgen, wenn die Wassertiefe nicht kleiner ist, als die ganze Wellenhöhe. Es mufs daran erinnert werden, dafs am Schlusse von § 4 eine noch etwas engere Grenze gefunden wurde, nämlich

$$\beta = 0{,}4 \,.\, P$$

Dabei war jedoch die Bedingung gestellt, dafs die Reibung vergleichungsweise zur lebendigen Kraft ein Minimum bleiben solle.

Wendet man das hier gefundene Resultat wieder auf jenes obige Beispiel an, indem die lebendige Kraft dieser Wellen

$$L = \frac{4}{3} \beta^2 c^2 \pi$$

oder genauer

$$L = \frac{1}{3} \beta^2 c^2 \pi \, (4 + 5 \,.\, \sigma^2)$$

dem für dieses Beispiel gefundenen Zahlenwerthe

$$L = 2 g \pi \,.\, 4{,}7886$$

gleich gesetzt wird, und aufserdem für β und σ die betreffenden Werthe, nämlich

$$\beta = \frac{1}{2} P$$

und

$$\sigma = \frac{1}{3} \beta = \frac{1}{6} P$$

eingeführt werden, so findet man

$$P = 2{,}031 \text{ Fufs.}$$

Bei dieser Wassertiefe kann sich sonach jene Welle nur so

eben noch ausbilden und bei geringerer Tiefe wird sie schon brechen. Obwohl in dieser Beziehung, soviel bekannt, noch keine Beobachtungen angestellt sind, so dürfte das vorstehende Resultat, welches sich nur auf sehr mäfsige Wellen bezieht, sich annähernd an die Erfahrung anschliefsen.

Die eigenthümlichen Erscheinungen, die jenseits der gefundenen Grenze, alo bei geringeren Wassertiefen eintreten, lassen sich im Allgemeinen leicht übersehn. Die Wasserfäden können, nachdem ein Wellenkamm vorübergegangen ist, nicht vollständig an ihre frühere Stelle zurückkehren. Der folgende Kamm findet daher nicht die Wassermasse vor sich, durch welche seine vordere Dossirung sich vollständig ausbilden könnte. Diese gestaltet sich also steiler, als die hintere, und wenn ein solcher Unterschied auch schon im offenen Meere in Folge der Einwirkung des Windes in geringem Maafse vorhanden zu sein scheint, so stellt er sich doch hier viel auffallender heraus. Die vordere Böschung nimmt nunmehr sogar eine lothrechte Richtung an, und endlich tritt der Kopf der Welle darüber noch hervor, und stürzt, indem ihm jede Unterstützung fehlt, herab. Dieses ist die Brandung, die aber noch durch einen andern Umstand befördert wird.

Der unvollständige Rücklauf des Wassers veranlafst eine Anhäufung desselben vor dem Ufer. Eine solche tritt in der That jedesmal bei heftigen Winden ein, die gegen das Ufer gerichtet sind. Bei starken Stürmen beträgt sie sogar, wie die Wasserstands-Beobachtungen ergeben, bis 3 und 4 Fufs. Man mufs daher wohl annehmen, dafs der Druck des Windes gegen die Wellen schon in weiter Entfernung vom Ufer den regelmäfsigen Rücklauf der einzelnen Wasserfäden einigermaafsen verhindert. Jedenfalls geschieht dieses vorzugsweise da, wo, abgesehn von der Wirkung des Windes, die lebendige Kraft der Welle eine so starke Erhebung des obern und Senkung des untern Scheitels bedingt, dafs die Wassermasse schon aus diesem Grunde nicht in ihre frühere Stelle wieder gelangen kann. Jede Welle würde demnach vor dem Ufer den Wasserstand immer mehr erhöhen, aber hierdurch bildet sich sehr schnell ein Gegendruck, der das Gleichgewicht wieder herstellt. Das aufgetriebene Wasser strömt nach jeder Welle sehr heftig wieder zurück. Auf dem flachen Strande kann man dieses deutlich sehn; man bemerkt auch, dafs diese Strömung den groben Sand und selbst

kleine Steinchen mit sich fortreifst. Die nächste Welle unterbricht freilich auf dem sichtbaren Strande diese Strömung, doch setzt sich die letzte auch unter Wasser fort, und indem hier die Wellenbewegung geringer, als an der Oberfläche ist, so wird der seewärts gerichtete Strom, der nahe über dem Grunde sich bildet, von den Wellen, denen er begegnet, weniger unterbrochen. Er führt alle Gegenstände, die wenig schwerer als das Wasser sind, also nicht fest auf dem Grunde liegen, der See zu. Diese Erscheinung wird von den Strandbewohnern der Ostsee der Sog (das Saugen) genannt, und veranlafst vorzugsweise die Gefahr beim Baden während eines hohen Seeganges, indem die Füfse immer stark seewärts gezogen werden.

Diese untere Strömung übt aber auch auf die anrollenden Wellen eine auffallende Wirkung aus, indem sie die vordringenden Wasserfäden in ihren untern Theilen zurückhält, und dadurch den ganzen Kamm gegen das Ufer neigt, und sein Ueberstürzen oder sein Branden befördert. Der Strom wird indessen beim Begegnen mit einer Welle sehr verzögert, und da bei der Regelmäfsigkeit der Wellen dieses Begegnen immer in bestimmten Zwischenzeiten, folglich auch an denselben Stellen geschieht, so bildet sich dadurch eine eigenthümliche Gestaltung des Grundes. Auf dem Strande selbst reifst jede aufrollende Welle den Sand so wie auch kleinere Steinchen mit sich und wirft sie auf das Ufer. Das zurücklaufende Wasser spült aber diese so eben abgelagerten Körnchen wieder fort, und so befindet sich die Oberfläche der sanft geneigten Ebene oder der eigentliche Strand, wenn derselbe auch jedesmal dieselbe Form wieder annimmt, dennoch in fortwährender Bewegung, wie man dieses beim Auflaufen der Wellen sehr deutlich sieht. Die Böschung darf jedoch nicht steil ansteigen, sonst bilden sich darin stufenförmige Absätze, weil der Stofs der Welle sie an einer oder der andern Stelle zu heftig trifft. Eine solche steile Begrenzung der Stufen wird besonders stark angegriffen und rückt sehr schnell weiter vor, oder das Ufer bricht ab. Die Neigung eines nicht abbrechenden Strandes ist wohl immer flacher, als 1 : 10. Gewöhnlich und namentlich bei heftigen Stürmen, wenn hohe und lange Wellen auflaufen, wird dieselbe aber noch bedeutend geringer und nimmt bis 1 : 20 auch wohl darüber ab.

Diese sanft geneigte Fläche hat solche Breite, dafs auf ihr

kein Zusammenstoſs einer neuen Welle mit dem zurücklaufenden Wasser der vorigen statt findet. Wo ein solcher erfolgt, bildet sich jedesmal eine Stufe, oder hier beginnt erst der Strand, und wenn diese Grenze nicht weit genug von dem steiler ansteigenden Ufer entfernt ist, so wird Letzteres zerstört.

Wo der rücklaufende Strom der neuen Welle begegnet, wird er plötzlich unterbrochen und in Folge dessen läſst er den Sand und Kies, den er mit sich führte, fallen. Von hier ab hat das Wasser eine gröſsere Tiefe und wenn daher die seewärts gerichtete Strömung nach dem Vorübergange jeder Welle sich auch wieder neu bildet, oder vielleicht nur verstärkt, so bleibt sie doch schwächer, als sie am Fuſse des Strandes war, und hier sammelt sich daher das gröbste Material an. Bei mäſsigem Wellenschlage bemerkt man diese Erscheinungen sehr augenfällig. Der erwähnte Zusammenstoſs erfolgt jedesmal etwas unter dem untern Scheitel der auflaufenden Welle. Indem nun aber die Höhe der Wellen nach der Stärke und Richtung des Windes sehr verschieden ist, auch der Wasserstand, selbst in denjenigen Meeren, wo keine merkliche Fluth und Ebbe statt findet, sich vielfach ändert, so erklärt es sich, daſs der Strand bei jedem Sturme sich anders gestaltet. Die Abbrüche und Ablagerungen erfolgen immer in der Art, daſs sie nach den jedesmaligen Verhältnissen einen dauernden Zustand endlich herbeiführen, doch kann dieses nur geschehn, wenn das höhere Ufer hinreichend weit zurückliegt und andrerseits auch die Wassertiefe seewärts nicht so schnell zunimmt, daſs auf der steil abfallenden Fläche alle Sandkörnchen herabrollen.

Man bemerkt leicht, daſs eine solche Ausbildung des Strandes nur möglich ist, wenn das Ufer aus Sand oder Kies besteht. Thon- oder Moorboden und eben so vegetabilische Erde, und selbst Kreide, werden nachdem die Ablösung vom Ufer erfolgt ist, durch den Stoſs der Wellen so fein zertheilt, daſs die Masse bei der starken Bewegung gar nicht zu Boden sinkt, also weder einen Strand, noch auch eine steile oder flache Dossirung bildet. Nichts desto weniger sind diese feinen Theilchen specifisch schwerer, als das Seewasser. Wenn daher Letzteres durch sie auch getrübt wird, so schweben sie vorzugsweise in der Nähe des Grundes, und der rücklaufende Strom führt sie in die Tiefe hinab, von wo sie in Folge der geringen Wellenbewegung über dem Grunde nie wieder an das

Ufer zurückkehren. Hierdurch erklärt es sich, weshalb es so überaus schwierig ist, ein thoniges Ufer selbst bei großer Festigkeit gegen Abbruch zu schützen. Wenn man nicht eine vollständige und sehr solide Uferdeckung davor ausführen will, so bleibt nur übrig, auf Ablagerung großer Sandmassen vor demselben hinzuwirken und sonach künstlich ein Sandufer zu schaffen.

Daſs die vorstehend bezeichneten Bewegungen der Sand- und Kies-Körnchen wirklich in dieser Weise erfolgen, ergiebt sich besonders augenfällig, wenn man in der Wellenrinne eine Sanddossirung darstellt, und die Wellen dagegen schlagen läſst. Ich bildete zuerst eine flache Böschung, die im Verhältnisse von 1 : 2,5 gegen den Horizont geneigt war, und hing zwischen den Glasscheiben der Rinne das Glimmerblättchen in solcher Höhe auf, daſs es ohne den Sand zu berühren frei ausschwingen konnte. Hierbei zeigte sich sogleich die auffallende Verschiedenheit gegen die frühere Erscheinung, daſs das Blättchen nicht mehr seine lothrechte Stellung behielt, vielmehr, wenn es von der Welle fortgestoſsen wurde, sich sehr stark nach vorn überneigte. Hierdurch bestätigt es sich, daſs das aufgetriebene Wasser unter den folgenden Wellen nahe über dem Grunde zurückflieſst.

Sodann wurde die Böschung jedesmal etwa in der Höhe des mittleren Wasserstandes sehr heftig angegriffen. Groſse Sandmassen folgten der Richtung der Welle, aber das zurückflieſsende Wasser führte diese, so wie die oberwärts gelösten Körnchen wieder fort und lagerte beide unterhalb der Stelle ab, wo die ersteren früher gelegen hatten. So bildete sich eine flach geneigte Ebene, die anfangs sehr schnell, später jedoch nur in geringem Maaſse sich weiter ausdehnte, und endlich, wie es schien, sich nicht mehr veränderte. Dieselbe befand sich jedoch noch keineswegs im Zustande der Ruhe, vielmehr wurden sämmtliche Körnchen in der Oberfläche von jeder anrollenden Welle in deren Richtung fortgerissen, aber von dem später zurückflieſsenden Wasser wieder abwärts geführt und zwar soweit, bis die folgende Welle diesem Strome begegnete. Bis hieher erstreckte sich also die neue Ablagerung, und darunter lagerte sich der Sand so steil, wie er überhaupt unter Wasser sich lagern kann. Es stürzten freilich jedesmal eine Menge Sandkörnchen auch hier herab, aber sie wurden stets von der nächsten Welle wieder zurückgeführt, ehe sie die Böschung berührten. Eine

Ausnahme hiervon trat nur wiederholentlich in der ersten Zeit ein, so lange die flach geneigte Ebene noch nicht die nöthige Ausdehnung angenommen hatte. Der Sand, der an ihrem obern Ende abbrach, lagerte sich hinter der erwähnten scharfen Kante, und hier wurde die Böschung nach und nach immer steiler, so dafs sie endlich sich nicht mehr erhalten konnte, und plötzlich in grofsen Massen herabstürzte. Hierdurch rückte die Ablagerung etwas weiter gegen das tiefe Wasser vor, doch blieb sie immer im Zusammenhange, und ich konnte nicht bemerken, dafs auch nur ein einziges Körnchen weiter gerollt wäre, als bis es in der nunmehr etwas flacheren Böschung ein sicheres Lager gefunden hatte.

Wenn die Ablagerung unterhalb der erwähnten flach geneigten Ebene sehr steil war, so rifs die dagegen stofsende Welle auch von ihr eine Menge Sandkörnchen ab, die sie aufwärts führte: ich konnte jedoch nicht bemerken, dafs jemals eines derselben auf jene Ebene sich lagerte, vielmehr blieb dieser Sand, so wie derjenige, den der Strom herabführte, im Wasser schweben oder fiel auf die äufsere Böschung nieder.

Diese Beobachtung ergab sonach, dafs die Sandkörnchen nicht gehoben, sondern bei der Veränderung der Böschung nur abwärts getrieben wurden. Ich mufs jedoch erwähnen, dafs der Sand ganz rein ausgewaschen und ziemlich grob war, woher es allerdings denkbar ist, dafs bei stärkerer Wellenbewegung selbst dieser Sand und noch mehr ein feinerer aufwärts getrieben werden mag. Dieses ist in sofern auch wahrscheinlich, als kleine Stückchen Wachs, die ich durch eingedrückte Sandkörnchen beschwert hatte, wirklich heraufgetrieben wurden und in solcher Höhe sich lagerten, dafs sie nur von einzelnen, besonders starken Wellen noch erreicht wurden. Dafs an sandigen Meeresufern während des Sturmes wirklich grofse Massen aufgeworfen werden, leidet keinen Zweifel. Die weit ausgedehnten Ablagerungen, welche die Culturfähigkeit der angrenzenden Felder auf grofse Entfernungen fortwährend beeinträchtigen und oft gänzlich aufheben, zeigt dieses überall. Das Experiment in der Wellenrinne stellte daher, insofern die Bewegung zu schwach war, die Erscheinung nicht vollständig dar.

Nur in dem besondern Falle, wenn die Wellen recht gleichmäfsig erregt wurden, auch die Böschung an sich ziemlich flach war, fand eine sehr merkliche Ablagerung des Sandes an der Stelle statt,

. Scheiteln der Wellen so eben noch erreicht wurde.
: aber hier sich anhäufte, war wirklich von tieferen
ischung abgebrochen, also durch die Wellen gehoben
n diese Erscheinung herbeizuführen, durfte der obere
Dossirung sich nicht steil ausbilden, er mufste viel-
ıach bleiben, damit die Wellenscheitel wirklich noch dar-
fen und den gelösten Sand hinauftrieben. Indem nun
: Theil der Böschung schon bedeutend über dem mittle-
e des Wassers sich befand, und nur eine geringe Wasser-
r auflief, so versank letztere sogleich in dem Sande und
e deshalb über der Böschung keine Rückströmung, wodurch
ichen wieder zurück getrieben wären.

selbe Erscheinung bemerkt man am Seestrande bei jeder
ewegung. Die Rückströmung beginnt immer erst in einiger
ıung von derjenigen Grenze, bis zu welcher die Welle aufläuft.
derselben versinkt das Wasser im Sande, und die Sand-
ı, die es mit sich führte, bleiben als ein schwacher aber den-
merklicher Rücken liegen, der deutlich wahrnehmen läfst, bis
/eit jede letzte Welle aufgelaufen ist.

)ie so eben mitgetheilten Thatsachen beziehn sich nur auf die
ieinung im Allgemeinen, ohne dafs dabei auf bestimmte Mes-
;en Bezug genommen wäre. Ich habe indessen auch solche
r Wellenrinne angestellt und theile die Resultate von einigen
lben in Fig. 6, 7 und 8 mit. Die Böschungen wurden, nach-
die Rinne bereits mit Wasser angefüllt und der Sand oder Kies
ändig durchnäfst war, mittelst eines dazu besonders eingerich-
Lineals sorgfältig abgestrichen, alle Vertiefungen darin ausge-
und der Sand, der vor dem Fufse der Böschung lag, be-
;t.

Fig. 6 zeigt die Veränderungen an einer Böschung, die ursprüng-
im Verhältnisse von 3 : 10 gegen den Horizont geneigt war.
estand aus grobem, ausgewaschenem und gesiebtem Seesande,
n einzelne Körnchen etwa den dritten Theil einer Linie im
hmesser hielten: auf die Länge von einem Zolle konnte man
lich eine Reihe sich berührender Körnchen bilden, deren Anzahl[1]
ı verschiedenen Versuchen 35 bis 40 betrug. Der Wasserstand
er Rinne maafs 2,24 Zoll. Die Höhenlage des obern und un-
Scheitels der Welle im freien Wasser, und des ersteren über

der Böschung ist in der Figur angegeben und mit *o. S.* und bezeichnet. Nachdem 300 Wellen dagegen gelaufen waren, sich bereits jene flach geneigte Ebene sehr merklich dargestellt, die fein punktirte Linie angiebt. Weit geringer waren die Ä rungen, welche die folgenden 900 Wellen dabei hervorbrachten. hierdurch veranlaſste Ablagerung des Sandes ist durch die punk Linie bezeichnet, welche die Schraffirung begrenzt. Es ergiebt hieraus, daſs der Stoſs der 1200 Wellen den Fuſs der Dossirung etwa einen halben Zoll über der Sohle der Rinne gar nicht ve dert und weder Abbruch, noch Ablagerung daselbst veranlaſst ha Die aufmerksamste Betrachtung lieſs hier auch durchaus keine wegung der Sandkörnchen wahrnehmen. Die Veränderungen w ter aufwärts waren nur die mittelbare Wirkung der Wellen, in sich hier der von oben abgebrochene Sand anhäufte und etwa zweifacher Anlage sich ablagerte. Vorübergehend, wie auch Figur angiebt, hatte er sich merklich steiler gestellt. Die fl Ebene, auf der der Sand immer hin- und hergetrieben wurde, ha im Allgemeinen eine zehnfache Anlage oder zehnfüſsige Bösch angenommen. Weiter aufwärts wurde die Dossirung bedeutend st ler, doch versank hier groſsentheils das aufschlagende Wasser, oh auf der Oberfläche zurückzuflieſsen. Endlich bemerkt man in ei Höhe, welche nur von einzelnen besonders groſsen Wellen errei wurde, einen nahe 1 Zoll breiten und $\frac{1}{4}$ Zoll hohen Rücken, der ü der ursprünglichen Böschung aufgeworfen wurde, also augensch lich aus einer Sandmasse bestand, die durch den Stoſs der Wel aufwärts geschleudert war.

Die in den Figuren 7 und 8 dargestellten Böschungen best den aus gröberem, gleichfalls gesiebtem Kiese, dessen Körner n 1 Linie im Durchmesser hielten: auf einen Zoll Länge konnten n lich 12 bis 14 derselben neben einander geschoben werden. Böschungen hatten ursprünglich zweifache Anlage erhalten. Die bei nach und nach eingetretenen Aenderungen bezeichnen die Fi ren in gleicher Weise, wie vorstehend angegeben. Man beme daſs die Ablagerungen sich viel steiler, als bei dem feineren Sa dossiren und stellenweise sogar in einer Neigung von 45 Gra sich erhalten. Die Ebenen, auf denen der Kies bei jeder W hin- und hertrieb, haben in Fig. 7 eine zehnfache und in Fi sogar eine vierzehnfache Anlage. Sehr auffallend ist der Untersc

r Breite dieser Ebenen, und ohne Zweifel rührt dieser von der
iedenen Geschwindigkeit der Wellen her. Letztere verhalten
nach der früheren Auseinandersetzung, wie die Quadratwurzeln
Wassertiefen, und in diesem Verhältnisse stehn auch ungefähr
breiten jener Ebenen zu einander. Die Abbrüche im obern
le der Böschungen waren sehr steil dossirt und oft hing der
rte Rand frei über: er befand sich aber stets in solcher Höhe,
er von den Wellen gar nicht erreicht wurde.

Wenn diese mittelst der Wellenrinne angestellten Beobachtun-
mit den Erscheinungen am Strande des Meeres eine unverkenn-
Aehnlichkeit zeigen, so stellen sie die letzteren doch keines-
s vollständig dar, und dieses darf nicht befremden, insofern die
egung des Wassers in der Rinne sehr geringe, das Material da-
n, welches die Dossirung bildete, schon bedeutend gröber war,
es am Seestrande zu sein pflegt. Aus diesem Grunde konnten
Veränderungen der Böschung nur an den Stellen eintreten, wo
am auffallendsten sind. Eine wichtige Erscheinung, die sich in
Natur sehr häufig wiederholt und bei flacher Ansteigung des
ides vielleicht jedesmal vorkommt, gab sich daher in jenem Ver-
e gar nicht zu erkennen. Sie besteht darin, dafs seewärts vor
eigentlichen Strande mehrere erhöhte Rücken in gewissen
änden sich erheben, deren Höhe zunächst dem Ufer am gröfs-
ist, die aber weiterhin niedriger werden und bei zunehmender
e kaum noch zu bemerken sind. Man nennt sie Riffe und ge-
lich nimmt man an, dafs immer drei derselben in paralleler
tung sich vor dem Ufer hinziehn. Ihre Anzahl ist indessen
eswegs constant, und oft kann man bei sorgfältiger Peilung vier
fünf derselben wahrnehmen, doch liegen die äufseren schon
und erheben sich so wenig über den Grund, dafs sie nicht leicht
emerken sind. Diese Riffe sind es vorzugsweise, welche die
äherung selbst von kleineren Fahrzeugen an das Ufer ver-
ern, indem diese, dem vollen Wellenschlage ausgesetzt, auf die
festfahren.

Ohne Zweifel werden solche Rücken durch den Wellenschlag
ldet, und sie entstehn bei heftigem Sturme an denjenigen Stel-
wo die Wellen aus der See mit den rücklaufenden Wellen,
mit dem verstärkten Rückstrome, den jede derselben veranlafst,
begegnen. Indem ich hoffte, dafs auch diese Erscheinung im

kleinen Experimente sich wenigstens theilweise darstellen und die dafür gegebene Erklärung bestätigen würde, so gab ich der Wellenrinne selbst zuerst eine Neigung von 1 zu 15 und sodann von 1 zu 10, so dafs also von der Stelle ab, wo die Wellen erregt wurden, die Tiefe immer geringer wurde und endlich die Oberfläche des Wassers den Boden berührte. Letzteren bestreute ich zunächst mit dem ausgewaschenen groben Seesande, und als ich bemerkte, dafs dieser sich gar nicht bewegte, mit sehr feinem fast staubartigen Sande. Wie schnell ich aber auch den Apparat in Betrieb setzte, und wie weit ich auch die Scheibe ausschwingen liefs, so mifsrieth dennoch dieser Versuch vollständig. Die Reibung im Wasser war so grofs, dafs die den Wellen mitgetheilte lebendige Kraft sich jedesmal schwächte, und die Wellen beim Auflaufen auf den ansteigenden Grund immer niedriger wurden und keine Rückströmung bemerken liefsen. Der Sand kam daher gar nicht in Bewegung, jedes einzelne Körnchen blieb unverändert an seiner Stelle und nur neben der Begrenzung des stehenden Wassers wurde ein schmaler Streifen des Bodens der Rinne sichtbar. Der Versuch war nur in sofern interessant, als die Wellen, je weiter sie sich von der Erregungsstelle entfernten, immer kürzer wurden, oder ihre obern Scheitel näher zusammenrückten. Hierdurch bestätigt sich wieder, dafs ihre Geschwindigkeit bei abnehmender Tiefe sich vermindert.

Das Entstehen der erwähnten Riffe oder Rücken, die stets unter dem jedesmaligen mittleren Wasserstande bleiben, beweist, dafs die Wellen nicht allein unmittelbar vor dem Strande, sondern auch in weiterem Abstande und in gröfserer Tiefe den daselbst abgelagerten Sand in Bewegung setzen, und denselben bei heftigem Sturme wahrscheinlich in grofser Masse nach dem Ufer treiben. Es wäre sonst in den meisten Fällen unerklärlich, wie der Sand stellenweise sich so stark anhäufen und vom Seewinde getrieben die dahinter belegenen Felder bedecken könnte. Vielleicht wird indessen von dieser grofsen Masse während des Sturmes nur ein kleiner Theil über den Spiegel der See aufgeworfen, und derselbe tritt nur dadurch zu Tage, dafs nach dem Sturme die Anschwellung aufhört und der Wasserstand wieder auf sein gewöhnliches Maafs zurücksinkt. Sobald Letzteres geschieht, bemerkt man nämlich, dafs dasjenige Riff, welches dem Ufer am nächsten liegt, demselben sich stark genähert hat und zugleich so angewachsen ist, dafs es über Wasser

t. Es bildet eine schmale Zunge, die sich vielfach an den Strand schliefst, und über welche einzelne Wellen noch herüberschlagen und die dahinter belegenen Lachen theilweise mit neuem Sande ausfüllen. Sobald das Wasser seinen gewöhnlichen Stand annimmt, ragen diese flachen Rücken 1 bis 2 Fufs darüber hervor, und indem sie trocken werden, so füllen jene Lachen sich vollständig aus, der Strand gewinnt an Breite und bei anhaltendem schwächeren Seewinde fliegt der Sand, aus dem sie bestehn, nach den Dünen und auf die dahinter belegenen Flächen.

Es dürfte keine gewagte Voraussetzung sein, dafs der Sand, der von der seewärts gerichteten Strömung herabgeführt wird, nicht über diejenige Grenze hinaustritt, wo die Wellen ihn wieder in Bewegung setzen und ihn daher möglicher Weise auch wieder nach dem Ufer zurückführen können. Dafs es eine gewisse Grenze giebt, welche der Sand nicht überschreitet, habe ich sehr auffallend vor der Insel Wangeroog gesehn, als ich zur Zeit einer Springfluth während der Ebbe dem zurücktretenden Wasser folgte und plötzlich die Sanddecke aufhören sah, und den festen Klai- oder Marschboden betrat, der ganz frei von Sand war. Hiermit hängt auch die Erscheinung zusammen, dafs vor Pillau, wo die Ufer theils hoch mit Sand bedeckt sind, theils ganz aus Sandablagerungen bestehn, und wo auch das tiefe Fahrwasser über dem Sande sich hinzieht, dennoch der Grund der Rhede nur zäher Thon, und ganz frei von Sand ist. Man kann dieses sehr deutlich wahrnehmen, wenn man den Boden untersucht, welcher an den gehobenen Ankern haftet.

Von grofser Wichtigkeit und zwar besonders in Bezug auf den Hafenbau ist das Verhalten der Wellen, wenn sie senkrechte oder sehr steile Ufer treffen. Es ergiebt sich aus den bereits entwickelten Gesetzen, dafs die Schwingungen der zunächst an der senkrechten Wand befindlichen Wasserfäden ganz aufhören müssen, und der erhaltene Impuls nur auf ihre periodische Verlängerung und Verkürzung, oder auf Hebung und Senkung der Oberfläche wirken kann. Der Fufs dieser Wasserfäden bleibt unverändert an seiner Stelle, der Boden darunter ist daher keinem merklichen Angriffe ausgesetzt. Die Beobachtungen, die ich in der Wellenrinne anstellte, bestätigten dieses vollständig. Das Glimmerblättchen blieb vor einer senkrechten Wand, die bis über den Wasserspiegel herausragte, unverändert in seiner Lage. Nur wenn es zufällig eine schräge Rich-

tung annahm, so legte es sich fest an die Wand, und trennte sich nicht wieder von derselben. Die Wellen hoben und senkten sich in den Scheiteln auffallend stärker, als in einiger Entfernung, aber hierin allein gab sich die Wellenbewegung an dieser Stelle noch zu erkennen. Ich bestreute den Boden der Rinne mit dem feinsten Sande, der durch sorgfältiges Auswaschen vom Staube gereinigt war. Auch dieser blieb neben der Wand ganz unbewegt liegen, ohne dafs irgend ein Körnchen hin- und hergerollt oder fortgetrieben wäre. Die Bewegung des Wassers ist also in diesem Falle wesentlich von derjenigen verschieden, welche auf flachen Dossirungen eintritt. Auf solchen nimmt die ganze Masse eine starke horizontale Bewegung an und reifst Sand und Steine mit sich fort, vor der senkrechten Wand erfolgt dagegen nur Hebung und Senkung des Wassers, und jede Einwirkung auf den Boden hört auf.

Ganz dasselbe, was diese Beobachtungen im Kleinen zeigten, wiederholt sich auch in den Erscheinungen an steilen Meeresküsten. In den Vernehmungen, die auf Veranlassung des Parlaments in Betreff des Hafens von Dover statt fanden, machte der Capitän James Vetch die Mittheilung,*) dafs er beim Ausgehn aus dem kleinen Hafen Scarnish auf der Insel Tiree in einem leichten Fahrzeuge (von 25 Last) durch einen heftigen Wind gegen eine steile Felswand getrieben sei, die etwa 60 Grade gegen den Horizont geneigt war, und dafs das Fahrzeug sich wiederholentlich nur hob und senkte, ohne den Felsen zu berühren, obwohl es keinen vollen Yard davon entfernt war.

Bei derselben Gelegenheit erwähnte der Professor Airy**), er sei einst zur Zeit des Hochwassers und zwar bei starkem Seegange aus dem Hafen Swansea gerudert, während neben den steilen Köpfen der Hafendämme die Wassertiefe etwa 20 Fufs betrug. Wir fuhren, sagt er, an dem einen Kopfe so nahe vorbei, dafs wir ihn mit den Rudern berühren konnten, es fand hier aber keine Brandung statt und wir durften das Aufstofsen des Bootes nicht fürchten, obwohl dasselbe viele Fufs hoch sich abwechselnd hob und senkte. Kaum waren wir indessen etwa 200 Yards weiter gekommen,

*) Report on the harbour of Refuge to be constructed in Dover-Bay. London 1847. pag. 58.

**) Ebendaselbst, pag. 88.

wir uns vor einer flachen Bank befanden, und hier brandete die so stark, dafs sie zwei Mann über Bord schlug und das Boot Wasser anfüllte. Derselbe erwähnte ferner, er sei bei andrer heit an einigen der aus tiefem Wasser senkrecht aufsteigen- Felsen an der Ostseite des Cap Lizard vorbeigerudert und habe hier gesehn, dafs die Wellen nicht brachen, aber auf den flach liegenden sandigen Ufern bei Cadgwith sei gleichzeitig hohe Brang gewesen. Ein ausgezeichneter Ingenieur habe ihm auch er- t, wie sehr er überrascht worden, als er gesehn, dafs vor den pen, die aus dem tiefen Wasser in der Bai von Valencia sich ben, die hohen Wellen keine Brandung bemerken liefsen.

Dieselbe Erfahrung machte ich auch, als ich bei mäfsigem See- ge aus der Bai von Vigo im nördlichen Spanien nach der por- sischen Küste fuhr. Die Südseite der Insel Bajona wurde von Wellen getroffen, dieselben brandeten aber nicht, so weit sie an die steil ansteigende Felswand schlugen. Ostwärts dagegen t vor den Felsen ein sandiges Ufer und hier fand eine heftige ndung statt, die sich noch in meilenweiter Entfernung durch den ben Schaum zu erkennen gab.

Indem diese Thatsachen unverkennbar dafür sprechen, dafs auch der See vor steilen Ufern die horizontale Bewegung aufhört, so t hieraus wieder, dafs unmittelbar über dem Grunde, wo aufser- a auch die vertikale Bewegung sehr geringe ist, beinahe vollstän- e Ruhe stattfinden mufs, und dafs sonach hier durch den Wellen- lag Sand oder Kies weder abgelagert, noch auch abgeführt wird. der neue Hafendamm vor Dover erbaut werden sollte, der ganz l aus der Tiefe von etwa 40 Fufs unter Niedrig-Wasser ansteigt, orgte man, dafs der Kreideboden unter ihm durch den Wellen- lag ausgewaschen und er dadurch bedroht werden möchte. Diese orgnifs hat sich indessen nicht bestätigt. Auch sonstige Erfah- gen begründen keineswegs die Vermuthung, dafs der Wellen- lag vor senkrechten Wänden eine grofse Vertiefung erzeugt. Auf westlichen Seite von Colberger-Münde ist ein Werk auf der Düne ch eine Steinböschung geschützt, die sich gegen eine senkrechte lzwand lehnt. Vor der letzteren, obwohl sie dem vollen Wellen- lage der See ausgesetzt ist, bildet sich niemals eine solche Tiefe welche die Wand selbst in Gefahr brächte. Nur die Strömung

ist hier wirksam, indem sie bald den Sand davor ablagert, oft sogar bis über Wasser hebt, und bald ihn wieder forttreibt.

Das bei uns allgemein verbreitete Vorurtheil, daſs steile Wände an der See und selbst im Innern der Häfen nicht haltbar sind, weil die Wellen den Grund darunter fortspülen, beruht allein darauf, daſs man die Erfahrungen, die an Strömen gemacht sind, auf die See überträgt, und die Wirkung der Strömung mit der des Wellenschlages verwechselt.

Es bleibt noch übrig, den Stoſs der Wellen zu erörtern, der bei Hafenbauten häufig die verheerendsten Wirkungen veranlaſst. Wenn eine Landebrücke so niedrig liegt, daſs ihr Belag von den Wellen erreicht wird, so kann dieser dem Stoſse der letztern nicht widerstehn, die Nägel oder Bolzen, womit die Bohlen befestigt sind, werden in kürzester Zeit gelöst und ausgerissen, oder die Bohlen zerbrochen, so wie auch die Balken aus den Zapfen gehoben werden. Um die Brücke zu sichern, muſs das Aufsteigen der Welle möglichst wenig verhindert sein, der Belag muſs daher aus Latten bestehn, die unten zugeschärft sind, und durch deren weite Fugen das Wasser hindurchtreten kann.

Sobald die vertikale Bewegung des Wassers kein Hinderniſs findet, so äuſsert sich bei gröſserer Tiefe keine zerstörende Wirkung. Rendel bemerkte bei Ausführung des Hafendammes bei Portland, daſs die Rüstpfähle, die im tiefen Wasser eingerammt waren, auch bei den heftigsten Stürmen nicht beschädigt wurden. In gleicher Weise erlitt die Pfahlwand, die zur Verlängerung des westlichen Hafendammes bei Stolpmünde nach meinem Vorschlage auf der innern Seite dieses Dammes vor der Ausführung der Steinschüttung, also in offener See, eingerammt wurde, keine Beschädigung. Die Gefahr für solche Wände oder einzelne Pfähle tritt erst ein, wenn sie hinter natürlichen oder künstlichen steilen Böschungen sich befinden, wo die ganze Wassermasse der Welle schon eine starke horizontale Bewegung angenommen hat. Der Stoſs, den die Wellen alsdann ausüben, ist oft überraschend groſs. Schon an der Ostsee werden die flach dossirten und über Wasser abgepflasterten Hafendämme, so oft sie in tiefes Wasser treten, gewöhnlich bald nach ihrer Herstellung in der Oberfläche zerstört. An der innern Seite des östlichen Dammes von Swinemünde hat sich ein vollständiges Banket aus groſsen Steinen abgelagert, die sämmtlich bei nord-öst-

lichen Stürmen von der seeseitigen flachen Dossirung herübergeworfen sind. Der Wärter des kleinen Leuchtthurmes auf dem Kopfe der östlichen Mole, der während des heftigen Sturmes in den letzten Tagen des Jahres 1857, von aller Verbindung mit dem Lande abgeschnitten, drei Tage hindurch in dem massiven Unterbau sich aufhalten mufste, sagte aus, dafs einer der grofsen Schwedischen gesprengten Granitblöcke, von etwa 50 Cubikfufs Inhalt, wiederholentlich gegen diesen Unterbau geschleudert, und derselbe dadurch so erschüttert worden, dafs er seinen Einsturz jedesmal gefürchtet hätte, bis endlich eine Welle ihm eine andere Richtung gegeben und er neben dem Thurme über die Krone des Dammes fort in den Hafen geworfen sei. Einer ähnlichen noch viel auffallenderen Thatsache erwähnt Thomas Stevenson.*) Beim Beginne des Leuchtthurm-Baues auf Barrahead, einer der Hebridischen Inseln, erzählten ihm die Einwohner, dafs ein Gneifs-Block am Strande, der 9 Fufs lang, 8 Fufs breit und 7 Fufs hoch war, also etwa 500 Cubikfufs (Englisches Maafs) hielt, bei heftigem Sturme von den Wellen hin- und hergerollt werde. Wie unglaublich diese Mittheilung erschien, so wurde sie doch im Januar 1836 bestätigt. Die ankommende Welle verbarg und begrub jedesmal den Stein, und ihr Scheitel erreichte in der Höhe von 40 Fufs über dem Hochwasser-Spiegel das Ufer. Sobald die Welle den Stein verliefs, bemerkte man, dafs er weiter landwärts lag, das zurückfliefsende Wasser stiefs ihn aber wieder nach der See, worauf er nahe trocken wurde, bis eine folgende Welle ihn aufs Neue in derselben Art bewegte.

Auch die beim Bau des Wellenbrechers vor Cherbourg gemachten Erfahrungen stimmen hiermit überein. Auf dem östlichen Flügel waren nicht nur seit langer Zeit die seeseitigen Dossirungen durch Steinschüttung gebildet und diese theilweise mit Béton-Blöcken von 20 Cubikmeter oder 640 Cubikfufs Inhalt überdeckt, sondern es war auch eine beinahe senkrechte Mauer von 19 Fufs Höhe auf der Krone aufgeführt. Beim Gegenschlagen an diese Mauer erhoben sich die Wellen, wie man schon 1835 wahrnahm, oft mehr als 30 und 40 Meter (95 bis 130 Rheinl. Fufs). Auf sehr heftige Angriffe mufste man daher gefafst sein. Beim ungewöhnlichen Nord-Nord-Ost-Sturme am 25. December 1836 traten auch in der That sehr

*) In dem bereits bezeichneten Bande der Report's, pag. 108.

grofse Beschädigungen ein, und was hier besonders Erwähnung verdient, mehr als 200 der natürlichen Steine, welche die Dossirung bildeten, waren über die Mauer hinübergeworfen und lagen auf der südlichen Risberme. Mehrere wogen über 3000 Kilogramme. An der östlichen Ecke waren auch die grofsen Béton-Blöcke in Bewegung gekommen und zum Theil bis 20 Meter weit fortgetrieben. Zwei derselben waren dabei umgekehrt.*)

Endlich erwähne ich noch eine Thatsache, auf welche ich bei meiner Anwesenheit in Cette durch den dortigen Ingenieur aufmerksam gemacht wurde. Zum Schutze der alten Steinschüttung, welche die Dossirung des Wellenbrechers bildet, waren sehr grofse Béton-Blöcke, nämlich von 70 Cubikmeter oder von 2240 Rheinl. Cubikfufs aus Bruchsteinen aufgemauert worden. Sie hatten keine parallelopipädische Form, und waren vielmehr in der Mitte höher, als an den Enden, damit sie von den anlaufenden Wellen nicht zu heftig getroffen werden möchten. Ihre Länge maafs 7 Meter, ihre Breite 5 Meter und ihre Höhe in der Mitte 3 und an den Enden 1,5 Meter. Drei dieser Steine hatte man auf der flach ansteigenden Dossirung normal gegen das Ufer, so dafs also nur eine Fläche von 7,5 Quadratmeter dem Stofse der Wellen ausgesetzt war, in geringem Abstande von einander und in gleicher Richtung ausgeführt. Bei dem Sturme am 20. August 1857 war der mittlere dieser Steine 1 Meter weit die Dossirung heraufgeschoben. Andere isolirt liegende Blöcke schienen noch weiter bewegt zu sein, doch liefs sich der Weg, den sie gemacht hatten, nicht sicher bestimmen. Wenn man nun auch darauf Rücksicht nimmt, dafs unter der darüber laufenden Welle ein grofser Theil des Gewichtes aufgehoben wurde, so mufste die Welle doch einen Effect ausgeübt haben, der wenigstens einem Drucke von 1000 Pfund auf den Rheinländischen Quadratfufs entsprach.

Der bereits erwähnte Ingenieur Th. Stevenson in Edinburg bemühte sich, den Stofs der Wellen durch directe Beobachtung zu messen.**) Er construirte zu diesem Zwecke ein eigenes Instrument, von ihm Marine-Dynamometer benannt, das Fig. 14, a und b

---

*) Travaux d'Achévement de la digue de Cherbourg par J. Bonnin. Paris 1857. pag. 60.

**) In demselben Bande der Report's, pag. 105 ff.

ir Seitenansicht und im Querdurchschnitt gezeichnet ist. Das-
e besteht aus einem gufseisernen Cylinder von 8 Zoll Länge und
ll äufserem Durchmesser. An dem einen Ende desselben ist
Boden angegossen, am andern befindet sich ein vortretender
d, woran man einen Deckel mit Schrauben befestigen kann.
i andere Ränder an beiden Seiten des Cylinders und parallel
r Achse desselben dienen zu seiner Befestigung, indem Bolzen,
in die vorher zugerichtete Klippe eingelassen waren, hindurch-
hen und durch Schraubenmuttern die Verbindung darstellen.
er Cylinder wurde seitwärts an einen vortretenden Felskopf so
stigt, dafs die Wellen in der Richtung seiner Achse dagegen-
lagen, diese Achse war aber horizontal, weil es darauf ankam,
n horizontalen Stofs zu messen. Die Höhe mufste so gewählt
den, dafs man bei Niedrigwasser noch bequem hinzukommen
d die Ablesung vornehmen konnte, zu diesem Zwecke durfte das
rument nicht niedriger liegen, als etwa auf drei Viertel der ge-
hnlichen Fluthhöhe über Niedrigwasser. Durch den Boden und
en aufgeschrobenen Deckel, der seewärts gekehrt wurde, waren
bereinstimmend vier Löcher gebohrt, durch welche eben so viele
serne Stangen hindurchreichten. Diese trugen an der Seeseite die
vertikale Scheibe, welche den Stofs empfing. Der Durchmesser der-
selben maafs gemeinhin 6 Zoll, doch konnten auch Scheiben von 3
und 9 Zoll aufgesetzt werden. Im Innern des Cylinders war an
jenen Stangen noch eine andere Scheibe angebracht, die nur zur
Befestigung von vier starken Spiralfedern diente. Letztere befanden
sich zwischen dieser Scheibe und dem äufsern Deckel, und waren
mit beiden fest verbunden. Beim Stofse der Wellen zogen sie sich
daher weiter aus, und um zu sehn, wie weit dieses beim stärksten
Stofse geschehn war, so wurden auf die hintern Enden der Stangen
und zwar noch innerhalb des Cylinders, je vier Lederstückchen auf-
gezogen, die beim Zurückgehn der Stangen an den Boden stiefsen
und verschoben wurden. Es legten sich alsdann an jeder einzelnen
Stange mehrere derselben Lederscheiben dicht an einander, und
wenn sie in dieser Stellung befunden wurden, so durfte man an-
nehmen, dafs sie sich nicht später verschoben hätten. Aufserdem
zeigte auch die übereinstimmende Lage der Scheiben an allen vier
Stangen jedesmal, dafs eine Verschiebung nicht vorgekommen war.
Die erwähnten Federn konnten gleichfalls zur nöthigen Abwechse-

lung der Versuche mit andern, die stärker oder schwächer waren, vertauscht werden. Zur Ablesung der stärksten eingetretenen Bewegungen befand sich in dem Cylinder eine Thüre, durch welche man den Abstand zwischen dem hintern Boden des Cylinders und den Scheiben im Innern messen, oder vielmehr auf den eingetheilten Stangen ablesen konnte. Vor der Befestigung des Cylinders wurden die Federn untersucht, indem man bei aufrechter Stellung des Cylinders auf die äufsere Scheibe verschiedene Gewichte aufbrachte und zusah, bis zu welchen Theilstrichen die Stangen jedesmal zurückgingen.

Mit diesem Instrumente wurden an drei verschiedenen Orten Messungen gemacht, nämlich an der Irischen See auf Little Rofs, im Atlantischen Meere auf der Insel Tyree und in der Nordsee auf Bell-Rock. Am wichtigsten sind die Beobachtungen für den Atlantischen Ocean, die ohne Unterbrechung 23 Monate hindurch fortgesetzt wurden, sie ergaben für die stärksten Stürme während der Sommermonate den Druck der Welle auf den Quadratfufs Oberfläche durchschnittlich 611 Pfund, und während der Wintermonate 2086 Pfund. Der stärkste Druck, der überhaupt beobachtet wurde, betrug 6083 Pfund. Auf Rheinländisches Flächenmaafs und deutsches Gewicht reducirt, verwandeln sich diese Pressungen in 588, 2007 und 5852 Pfund. Der gröfste in der Nordsee beobachtete Druck der Wellen betrug dagegen nur 2959 Pfund deutschen Gewichtes auf den Rheinländischen Quadratfufs.

Offenbar haben diese Resultate selbst für eine bestimmte Localität keine allgemeine Gültigkeit, und sind gewifs vorzugsweise davon abhängig, in welcher Art die Wellen auflaufen, und ob deren Wassermasse schon entschieden die fortschreitende Bewegung angenommen hat. Sodann ist es zweifelhaft, ob der Stofs der Welle der Ausdehnung der getroffenen Scheibe proportional ist, und wahrscheinlich wird dieser bei derselben Welle, wenn man ihn in verschiedenen Höhen mifst, auch sehr verschiedene Werthe annehmen. Endlich aber ist die Vergleichung des Stofses mit dem Drucke jedesmal sehr zweifelhaft, und so mag es auch bei diesen Versuchen vorgekommen sein, dafs die schwere Scheibe, während die Feder noch nicht auf sie einwirkte, eine so starke Bewegung annahm, dafs sie in Folge ihres Trägheits-Momentes weiter zurückwich, als der Druck des Wassers es erfordert hätte.

Nichts desto weniger bieten diese Messungen doch einen ungefähren Anhalt. Wenn der Druck nur als ein statischer betrachtet werden dürfte, so müfste bei einer Pressung von 3000 und 6000 Pfund auf den Quadratfufs der obere Wellenscheitel 48,5 und 97 Fufs über dem Instrumente liegen. Solche Höhen der Wellen kommen vor stufenförmig oder steil ansteigenden Ufern, die tiefes Wasser vor sich haben, unbedingt vor. Selbst in der Ostsee, wo doch die Tiefe nur mäfsig ist, auch Sandbänke vor den Ufern liegen, erreicht die Brandung unter besondern Umständen schon eine ähnliche Höhe. Bei dem heftigen Weststurme im October 1828 kam eine auf der Rhede von Pillau ankernde Brigg ins Treiben, und da sie weder fortsegeln, noch über die Barre gehn konnte, so wurden die Segel beigesetzt und vor dem Winde lief sie auf den Strand. Als sie zum erstenmale den Grund berührte, erhob sich hinter ihr eine Welle welche die Bramstengen überragte, also wenigstens 70 Fufs hoch sein mufste. Diese Welle warf das Schiff aber weit auf den Strand und die folgenden Wellen erreichten daher nicht entfernt solche Höhe. Am Bell-Rock und andern auf isolirten Klippen erbauten Leuchtthürmen sind Erscheinungen dieser Art nicht ungewöhnlich und nach manchen Mittheilungen sollen es hier zusammenhängende Wassermassen sein, die sich so hoch erheben. An der Küste von Cornwall beobachtete man 1843 Wellen von 300 und bei Wasberg in Norwegen sogar von 400 Fufs Höhe.

Dafs die Wellen sich nur in dem Falle vollständig ausbilden und die der Stärke des Windes entsprechende Höhe annehmen, wenn die Wasserflächen hinreichende Ausdehnung haben, ist an sich einleuchtend. Hieraus ergiebt sich auch, dafs die Wellen mäfsig bleiben müssen, wenn die See in der Richtung des Windes nur geringe Breite hat, oder wenn in gröfseren Meeren vortretende Landzungen oder ausgedehnte Inseln in geringer Entfernung gegenüber liegen. In Memel ist der Wellenschlag bei westlichen Stürmen am stärksten, weil hier die Wasserfläche in dieser Richtung bis zur Schwedischen Küste von Skaane etwa 60 deutsche Meilen mifst. Auch bei Pillau stellt sich dasselbe Verhältnifs dar, sobald der Wind nicht soweit südlich geht, dafs Rixhöft die Rhede deckt. In Swinemünde dagegen veranlassen westliche Stürme, obwohl sie auf der nördlichen Hemisphäre besonders stark aufzutreten pflegen, nur mäfsige Wellen, weil die Inseln Usedom, Rügen und selbst die Dänischen

Inseln in dieser Richtung die Wasserfläche in geringer Entfernung begrenzen. Dagegen streicht hier der Nord-Ost von dem Ende des Finnischen Meerbusens bei Gottland und Bornholm vorbei, etwa 100 deutsche Meilen über das Wasser und verursacht daher den höchsten Seegang. Man darf indessen nicht glauben, dafs die seitwärts belegenen Ufer und Inseln sogleich den Wellenschlag merklich mäfsigen, wenn der Wind sich soweit ändert, dafs seine Richtung sie zum Theil trifft. In Pillau konnte man keine Schwächung des Wellenschlages wahrnehmen, wenn der Wind aus Nordwest nach West und selbst weiter südlich ging, obwohl alsdann das Ufer von Rixhöft schon stark vortrat. Stevenson leitete aus Beobachtungen, die er am Frith of Forth und an dem Murray-Firth angestellt hatte, die Regel ab, dafs die Höhen der Wellen bei verschiedenen gleich starken Stürmen sich zu einander verhalten, wie die Quadratwurzeln der Entfernungen der windwärts belegenen Küsten.*)

§. 6.

Fluth und Ebbe im offenen Meere.

Unabhängig von den vorstehend untersuchten Wellen, die in geringen Entfernungen sich hinter einander bilden, und deren Länge und Geschwindigkeit, so wie die Richtung ihrer Bewegung man leicht wahrnehmen kann, giebt es in den grofsen Meeren noch andre Wellen, die zwar noch schneller fortschreiten, deren Länge aber so riesenmäfsig ist, dafs man sie nur an dem abwechselnden Steigen und Fallen des Wassers erkennt. Dieses ist die Fluth und Ebbe.

An den Europäischen Küsten des Atlantischen Oceans und der Nordsee erhebt sich zweimal am Tage der Wasserspiegel durchschnittlich vielleicht 12 Fufs, und sinkt zweimal wieder eben so tief herab. Die Sandbänke und Schlickgründe vor den Hafen-Mündungen werden dadurch abwechselnd überfluthet und mehr oder weniger trocken gelegt. Der Wasserstand auf denselben ist daher so verschieden, dafs die meisten der dortigen Häfen nur zur Zeit des Hochwassers zugänglich sind. Die Fluth und Ebbe ist demnach

*) New Edinburgh Philosophical Journal. Vol. 53, pag. 358.

ür den Schiffahrts-Betrieb von der äufsersten Bedeutung und dieses um so mehr, als der Wasserwechsel auch starke Strömungen veranlafst, welche bald in einer und bald in der andern Richtung sich bilden.

Diese Strömungen verbunden mit dem Wellenschlage, der bei dem wechselnden Wasserstande sehr verschiedene Angriffspunkte findet, äufsern auf jedes Ufer wieder zerstörende Wirkungen. Indem das abgebrochene Material aber sogleich vom Strome weitergetrieben wird, so kann sich an der offenen Küste keine Ablagerung bilden, welche den Uferrand vor neuen Angriffen schützt, und der Abbruch setzt sich unaufhaltsam immer weiter fort. An den grofsen Meeren, welche starken Fluthwechsel zeigen, findet man kein höheres Ufer, welches durch Alluvion entstanden wäre. Solche sind überall im Laufe der Zeit längst verschwunden, nur der gewachsene Felsboden, obwohl er auch fortwährend angegriffen wird, bestimmt vorzugsweise dem Meere seine Grenzen, und zwischen solchen Festpunkten zieht sich ein flacher Strand, aus Kies oder Sand bestehend, hin, der grofsentheils aber wieder in einer langsamen fortschreitenden Bewegung begriffen ist. In Meeren, wie die Ostsee, die keine merkliche Fluth und Ebbe, noch auch die damit verbundenen starken Strömungen zeigen, ist das Verhältnifs zum Theil ein Anderes. Die hohen, aus aufgeschwemmtem Boden bestehenden, fruchtbaren Ufer, die sie vielfach umgeben, weichen zwar auch von Jahrhundert zu Jahrhundert mehr zurück, aber sie sind noch vorhanden, während man solche an grofsen Meeren vergeblich sucht.

Die erwähnten Strömungen setzen, besonders wenn der Wellenschlag ihre Wirkungen unterstützt, den Sand, den Kies und selbst mäfsige Steine in Bewegung, und treiben sie oft auf weite Entfernung fort. Sie bieten sonach ein Mittel, dieses Material an mehr geschützten Stellen aufzufangen und dadurch bedeutende Alluvionen zu schaffen. Andrerseits bildet dieser Strom, namentlich in engeren Canälen und in den Mündungen der Meerbusen und Flüsse, tiefe Fahrwasser, die eben sowol bei der Fluth, wie bei der Ebbe gespült werden, und sich mehr oder weniger von selbst offen erhalten. Endlich kann man auch, wenn man in geräumigen Bassins das Hochwasser auffängt, und es zur Zeit des niedrigen Wassers abfliefsen läfst, sehr kräftige Strömungen künstlich erzeugen, die zum Spülen der Hafenmündungen mit Vortheil benutzt werden. Dafs

diese grofsartige, für den Hafen- und Uferbau so wichtige E
nung der Fluth und Ebbe sich in regelmäfsigen Perioden v
holt, die von der Witterung im Allgemeinen ganz unabhängi
war schon im frühesten Alterthume bekannt, auch bemerk
schon damals die Beziehung zwischen dieser Erscheinung u
Stande des Mondes und der Sonne gegen die Erde, doch bl
Erklärung des Phänomens Newton vorbehalten. Der wa
sammenhang liefs sich nicht früher erkennen, als bis man ei
hatte, dafs keine andre Kraft, als die Schwere, die Erde u
Mond in ihren Bahnen erhält.

Die Periode, in welcher das Steigen und Fallen des V
erfolgt, ist nicht genau ein halber Tag, sondern umfafst eine
längeren Zeitraum. Der Eintritt der dritten Fluth verzög
ungefähr um 50 Minuten, oder erfolgt um soviel später am n
Tage. In 28 bis 29 Tagen trifft sonach das Hochwasser w
dieselbe Tages-Stunde. Dieses ist keine andre Periode, als
Bewegung des Mondes um die Erde. Dabei giebt sich n
zweite sehr auffallende Beziehung der Fluth zum Monde zu
nen, nämlich wenige Tage nach den Voll- und Neumonden
Wasserwechsel am gröfsten, nach dem ersten und letzten
dagegen am kleinsten. Hieraus ergiebt sich schon, dafs a
Sonne auf diese Erscheinung Einflufs haben mufs. Die sorg
Beobachtungen, die man in neuerer Zeit an vielen Orten r
fsig anstellt, zeigen diesen Einflufs noch unverkennbarer. D
serwechsel ist nämlich, abgesehn von der gegenseitigen Stell
Sonne und des Mondes, um so gröfser, je näher diese beid
melskörper, oder einer derselben der Erde ist, und je gerin
Declinationen sind. Die stärksten Fluthen treten daher in d
und Neu-Monden zur Zeit der Aequinoctien ein.

Bevor die Erklärung der Erscheinung gegeben wird, is
thig, einige allgemein eingeführte Benennungen festzustelle
Steigen des Wassers nennt man die Fluth, das Fallen
die Ebbe. Zwischen beiden tritt eine Periode des Stillstan
die an manchen Orten länger, an andern kürzer ist, oft nur
Minuten beträgt, unter besondern localen Verhältnissen sich
mehrere Stunden ausdehnt. Diese Periode ist entweder Ho
ser oder Niedrigwasser. Den Höhenunterschied zwisc
sen beiden Wasserständen nennt man zuweilen die Flu

Dieser Ausdruck veranlafst aber leicht Mifsverständnisse, indem er auch zugleich diejenige Höhe am Pegel bezeichnet, welche die Fluth erreicht. Passender ist daher die Benennung Fluthwechsel, die gleichfalls bereits eingeführt ist.

Gemeinhin findet während der Fluth die Strömung in anderer und meist in entgegengesetzter Richtung statt, als während der Ebbe, und man pflegt zuweilen unter Fluth und Ebbe auch die Richtung des Stromes zu verstehn. Das Aufhören der Strömung, oder das Umsetzen oder Kentern des Stromes ist alsdann die Grenze zwischen beiden Erscheinungen. An offenen Meeresküsten erfolgt dieses gewöhnlich zur Zeit des höchsten und des niedrigsten Wassers, in welchem Falle jene Worte nach den beiden erwähnten Bedeutungen dieselbe Periode bezeichnen. In den Mündungen der Ströme verhält es sich aber anders. Der Ebbestrom ist nach der See gekehrt, der Fluthstrom entgegengesetzt, und insofern der Zuflufs aus dem obern Lande ununterbrochen fortdauert, so steigt das Wasser oft schon sehr merklich, während der Ebbestrom noch stattfindet. Es giebt sogar bei jedem Strome eine gewisse Strecke, oft von bedeutender Ausdehnung, in welcher man das Steigen und Fallen des Wassers sehr deutlich wahrnehmen kann, wo also nach der ersten Bedeutung der Worte, Fluth und Ebbe unverkennbar stattfindet, während nichts desto weniger ein aufwärts gekehrter Fluthstrom gar nicht eintritt. Nach der letzten Bedeutung der Worte würde man also in diesem Falle von Fluth und Ebbe nicht sprechen können.

Die Fluthen in den Voll- und Neumonden, oder in den Syzygien, die besonders stark sind, nennt man Springfluthen, dagegen diejenigen in dem ersten und letzten Mondviertel, oder in den Quadraturen todte Fluthen. Der Ausdruck Aequinoctial-Fluthen bedarf keiner Erklärung.

Die Stunde, in welcher am Tage des Vollmondes oder Neumondes das Hochwasser in einen Hafen eintritt, nennt man die Hafenzeit (Etablissement). Die Kenntnifs derselben ist für den Schiffer, der den Hafen ansegeln will, von grofser Wichtigkeit. Indem er aber für jeden folgenden Tag 50 Minuten hinzusetzt, so kann er leicht jedesmal die Zeit des Hochwassers berechnen, sobald er die Hafenzeit kennt. Die nautischen Jahrbücher enthalten die Hafenzeiten von allen besuchten Seehäfen an grofsen Meeren.

Vergleicht man die Hafenzeiten benachbarter Häfen mit einander, so findet man, dafs sie unter sich nahe übereinstimmen, und hieraus ergiebt sich, dafs die Fluthen von grofsen Wasserwellen herrühren, welche bedeutende Theile der Erdoberfläche umfassen. Das Fortschreiten dieser Wellen ist aus den Hafenzeiten leicht zu erkennen, aber es zeigt so grofse Unregelmäfsigkeiten und ist so sehr durch die Gestaltung der Küsten bedingt, dafs man aus einzelnen Beobachtungen die Erscheinung weder im Ganzen auffassen, noch auch erklären konnte. Die Welle läuft eben sowol nach Westen, wie nach Osten, und wenn sie an der Europäischen Küste des Atlantischen Oceans auch vorzugsweise nach Norden gekehrt ist, so bewegt sie sich an einzelnen Stellen auch wieder südwärts.

Nachdem in neuerer Zeit eine frequente Schiffahrt sich über alle Meere ausgedehnt hat, soweit sie irgend ein merkantilisches Interesse bieten, und man die Hafenzeiten aller Küsten wenigstens annähernd kennt, so ergaben die Zusammenstellungen derselben, wovon später die Rede sein wird, dafs die eigentliche Quelle der Fluth und Ebbe nur in der südlichen Hemisphäre jenseits der Vorgebirge, welche Afrika und Amerika im Süden abschneiden, zu suchen ist. Dort bewegen sich gleichzeitig zwei mächtige Fluthwellen mit einer Geschwindigkeit, die nahe der Umdrehungs-Geschwindigkeit der Erde gleichkommt, und die in der Periode eines Mondes-Tages ihre Revolutionen vollenden. Die Fluthen in der Nordsee und selbst im Atlantischen Ocean sind nicht ursprüngliche Erscheinungen, sondern nur Fortsetzungen jener Wellen-Erhebungen, die im südlichen Weltmeere erfolgen. Die grofse Ausdehnung des letzteren und vor Allem die Abwesenheit zusammenhängender Landmassen, welche die Wellen unterbrechen würden, macht es schon an sich wahrscheinlich, dafs die Fluthwelle sich dort am vollständigsten ausbildet. Die Kräfte, durch welche sie erregt wird, dürfen daselbst nur die bereits angeregte Bewegung erhalten und den Verlust an lebendiger Kraft ersetzen, den die Reibung und die weitere Mittheilung der Bewegung veranlafst. Die Welle selbst bleibt aber und bedarf nicht einer stets erneuten Erregung, wie solche nöthig wäre, wenn in gleicher Weise, wie im Atlantischen Ocean, ein zusammenhängendes Ufer ihr weiteres Fortschreiten unmöglich machte.

Diese Kräfte sind nach der zuerst von Newton gegebenen Er-

klärung nichts anderes, als die Schwere oder die allen materiellen Stoffen gemeinsame gegenseitige Anziehung.

Fig. 15 stelle in S den Mittelpunkt der Sonne, in C den der Erde dar. Indem letztere sich um die erstere bewegt, so würde die Erde der Richtung des Weges folgen, den sie momentan durchläuft, wenn keine andere Kraft auf sie einwirkte, und sie würde die Tangente nicht verlassen und geradlinig das Universum durchschneiden. Es besteht aber gegenseitige Anziehung zwischen Sonne und Erde, die letztere fällt also fortwährend der ersteren zu, so wie umgekehrt, jedoch wegen der viel gröſsern Masse in weit geringerem Grade, auch die Sonne gegen die Erde, und beide beschreiben gewisse geschlossene Bahnen. Die verschiedenen Massentheilchen des Erdballs werden aber nicht in gleicher Weise von der Sonne angezogen, denn die Stärke der Anziehungskraft ist von der Entfernung der beiden sich anziehenden Körper abhängig, und zwar ist diese Kraft umgekehrt dem Quadrate des Abstandes proportional. Sonach erleidet derjenige Theil der Erdoberfläche, welcher der Sonne zugekehrt ist, eine stärkere Anziehung, als der Mittelpunkt der Erde, und dieser eine stärkere, als der der Sonne abgekehrte Theil.

Wäre die Erde ein fester Körper, der keine Formveränderung zulieſse, oder der wenigstens bei geringen Differenzen der Anziehung eine verschiedenartige Bewegung der einzelnen Theilchen durch ihre gegenseitige Cohäsion oder auch durch Reibung verhinderte, so würde die Erde mit der Geschwindigkeit, welche dem Abstande des Schwerpunktes entspricht, in ihrer ganzen Masse, ohne daſs die Theilchen besondere Bewegungen annehmen, nach der Sonne sich bewegen. Die Erde ist indessen groſsentheils mit Wasser bedeckt, dessen leichte Beweglichkeit ihm gestattet, seine Form zu verändern. Obwohl es sich von der Erde nicht trennt, kann es dennoch schneller oder langsamer nach der Sonne fallen, als der feste Theil des Erdkörpers. Auf diese Weise erhebt sich die Wasserfläche im Punkte A, indem sie stärker, als der Schwerpunkt der Erde angezogen wird, und sie erhebt sich eben so auch im Punkte B, weil sie hier die geringste Anziehung erfährt. So bilden sich an entgegengesetzten Theilen des Erdballes zwei Anschwellungen, oder es stellt sich hier gleichzeitig Hochwasser ein, während in den Punkten D und F nicht nur keine Erhebung erfolgen kann, sondern sogar eine Senkung ein-

treten mufs, die jenen Anschwellungen entspricht. Die Drehung der Erde um ihre Achse veranlafst aber, dafs die Anschwellungen fortwährend weiter rücken. Beide Wellen laufen daher nahe mit der Geschwindigkeit der Umdrehung der Erde in einer Richtung, die dieser entgegengesetzt ist, oder sie bewegen sich in derselben Richtung, in welcher die Sonne scheinbar die Erde umkreist.

Die Fluth, welche der Mond veranlafst, ist wie bereits erwähnt gröfser, als die der Sonne, woher nicht der gewöhnliche, sondern der Mondes-Tag die Fluth bedingt. Die Einwirkung des Mondes ist aber der so eben beschriebenen vollkommen gleich, und die Sonne wurde nur deshalb bei dieser Erklärung zuerst erwähnt, weil das Verhältnifs in sofern etwas einfacher ist, als mit Rücksicht auf die beiderseitigen Massen das Fallen der Erde sich klarer darstellt, und die entsprechende Bewegung der Sonne nicht weiter beachtet werden durfte.

Der Mond bewegt sich zwar um die Erde, aber abgesehn von der Bewegung der letztern um die Sonne ist auch die Erde in dem Weltraume keineswegs in irgend einer Art befestigt. Die Anziehung zwischen ihr und dem Monde wirkt daher gleichfalls gegenseitig, und beide bewegen sich nach Maafsgabe ihrer Massen fortwährend gegen einander. Wegen der veränderten Stellung des Mondes verändert sich auch stets die Richtung dieser Bewegung der Erde, und wenn der Mond scheinbar wieder an denselben Punkt zurückgekommen ist; so hat auch die Erde den entsprechenden Kreis beschrieben, dessen Ausdehnung mit Rücksicht auf die geringe Masse des Mondes nicht bedeutend ist. Nichts desto weniger ergiebt sich hieraus, dafs die Erde fortwährend vom Monde angezogen wird, und dieser Anziehung auch folgt. Das Massentheilchen B wird aber vom Monde M stärker angezogen, als der Mittelpunkt C, und das Theilchen A schwächer; jenes eilt also der Erde vor, und dieses bleibt hinter ihr zurück. Der Mond verursacht daher eben so, wie die Sonne, zwei gegenüberstehende Fluthwellen, die bei der Drehung der Erde um ihre Achse wieder übereinstimmend mit der scheinbaren Bewegung der Gestirne von Osten nach Westen laufen.

Hat der Mond die in der Figur angedeutete Stellung, oder steht er der Sonne gegenüber, wobei Vollmond statt findet, so vereinigt sich die Fluthwelle, die vom Monde herrührt, mit derjenigen, welche die

... verursacht. Die Fluth setzt sich also aus beiden zusammen, ... wird dadurch höher, als jede einzeln ist. Dasselbe ist auch der ... zur Zeit des Neumondes, oder wenn der Mond in der Verbin... linie, die von der Erde nach der Sonne gezogen wird, zwi... beiden sich befindet.

Zur Zeit des ersten oder letzten Viertels steht der Mond da..., von der Erde gesehn, um einen Quadranten von der Sonne ..., also in M'. Er bildet alsdann in den Punkten F und D Hoch..., während die Fluthwellen, die von der Sonne herrühren, ihre ...punkte in A und B haben, und in D und F Niedrigwasser ...stellen. Der Wasserwechsel in den ersten und letzten Vierteln ist also nur die Differenz zwischen der Fluthhöhe des Mondes und ... der Sonne. Er würde in diesem Falle ganz verschwinden, wenn beide gleich grofs wären.

Es könnte noch zweifelhaft sein, ob durch die Bewegung der Erde sowol in der Richtung nach der Sonne, als nach dem Monde, ...ie Ausbildung der beiden entsprechenden Fluthwellen nicht gehin...ert wird, dieses ist indessen keineswegs der Fall. Wie die Stel...ng des Mondes gegen die Sonne auch immer sein mag, so wird ...r Mond sehr nahe in derselben Weise, wie die Erde, von der ...nne angezogen; beide sind daher einer gleichen Wirkung unter...orfen, oder diese stört nicht ihr gegenseitiges Verhalten, also auch ...cht die Ausbildung der vom Monde herrührenden Fluthwellen. ...ndrerseits verhindert die Sonne wieder nicht die von ihr ganz un...hängige Bewegung der Erde gegen den Mond, also auch nicht die ...uthen, welche der letztere erzeugt.

Eine einfache Betrachtung ergiebt, dafs die von dem Monde ...errührende Fluth bedeutend stärker sein mufs, als diejenige, ...elche die Sonne verursacht, auch läfst sich leicht das Verhält...fs beider feststellen. Man darf annehmen, dafs die Stärke der ...uth, oder die Höhe, zu der das Wasser ansteigt, der flutherzeu...nden Kraft proportional ist. Letztere ist aber nichts andres, als ...e Differenz der Attractionen, welche der Erdkörper als zusammen...ngende Masse, und die nächsten oder entferntesten Theilchen ...sselben erfahren. Die Attraction, welche irgend ein Körper, also ...ch die Sonne oder der Mond gegen ein bestimmtes Theilchen des ...dkörpers ausübt, ist proportional der Masse des anziehenden Kör...rs und umgekehrt proportional dem Quadrate seines Abstandes

von demselben. Wenn sonach diese Masse durch P und der Abstand durch a bezeichnet wird; so ist die Attraction

$$= m \frac{P}{a^2}$$

wobei m eine Constante bedeutet.

Nennt man nun a den Abstand des Mittelpunktes der Erde von dem anziehenden Körper und r den Halbmesser der Erde; so bezeichnet jener Ausdruck nichts andres, als die Kraft, womit die ganze Erde als fester Körper afficirt wird, oder diejenige Schwerkraft, welche die Geschwindigkeit ihres Fallens nach dem fremden Himmelskörper bedingt. Der Theil der Erdoberfläche, welcher diesem Körper zugekehrt ist, erfährt eine Anziehung

$$= m \frac{P}{(a-r)^2}$$

und der gegenüber befindliche, oder vom anziehenden Körper abgekehrte Theil der Oberfläche

$$= m \frac{P}{(a+r)^2}$$

Die Kraft, welche die Fluthen erzeugt, ist für den ersteren

$$= mP\left(\frac{1}{(a-r)^2} - \frac{1}{a^2}\right)$$

und für den letzteren

$$= mP\left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{(a+r)^2}\right)$$

Indem r sehr klein gegen a ist, so sind beide Ausdrücke einander gleich, und verwandeln sich in

$$= mP \cdot \frac{2r}{a^3}$$

Die flutherzeugende Kraft verhält sich also zu der Anziehungskraft, die der Mittelpunkt der Erde erfährt, wie

$$\frac{2r}{a^3} : \frac{1}{a^2} \text{ oder wie } 2r : a$$

also wie der Durchmesser der Erde zum Abstande des anziehenden Himmelskörpers. Diese Kraft ist daher jedenfalls nur sehr klein vergleichungsweise gegen die Anziehung des letztern.

Setzt man die Masse der Erde und ihren Halbmesser gleich Eins, oder mifst man in diesen Einheiten die Gröfsen P und a, so stellen sich die sämmtlichen einwirkenden Kräfte in einfachen Be-

ehungen zu der Schwere auf der Erdoberfläche dar. Wenn der Weg, den ein auf der letztern frei herabfallender Körper in der ersten Secunde durchläuft, mit g bezeichnet wird, so ist die Anziehungskraft der Erde nach der ersten Gleichung

$$m\frac{P}{a^2} = g$$

und da in diesem Falle sowol P, als a gleich Eins sind, so folgt

$$m = g = 15{,}63 \text{ Fuſs.}$$

Nach denselben Maaſs- und Gewichts-Einheiten, oder vergleichungsweise zu der Masse und dem Halbmesser der Erde ist*)

für die Sonne $P = 354940$
und $a = 24054$
für den Mond $P = 0{,}0108$
und $a = 60{,}3$

Die flutherzeugende Kraft der Sonne gegen die ihr zu- oder abgekehrte Seite der Erde ist daher

$$mP\frac{2r}{a^3} = \frac{2gP}{a^3}$$

$$= 0{,}00000005101 \,.\, g$$

$$= 0{,}0001146 \text{ Linien,}$$

die flutherregende Kraft des Mondes dagegen

$$= 0{,}00000009852 \,.\, g$$

$$= 0{,}0002213 \text{ Linien.}$$

Hieraus ergiebt sich, daſs die Kraft des Mondes und sonach auch die Höhe des von ihm herrührenden Fluthwechsels zu derjenigen der Sonne ungefähr, wie 2 : 1 sich verhält. Wenn die erste also beispielsweise 10 Fuſs beträgt, so wird die letzte nur 5 Fuſs sein, und der Wasserwechsel zur Zeit der Springfluthen wird $10 + 5 = 15$ Fuſs, zur Zeit der todten Fluthen dagegen nur $10 - 5 = 5$ Fuſs messen.**) Dieses Verhältniſs zwischen den Springfluthen und todten Fluthen tritt zuweilen und namentlich an der Küste des Oceans wirklich ein, wie sich aus den Fig. 16 graphisch dargestellten Cher-

*) Hansen, allgemeine Uebersicht des Sonnen-Systems in Schumacher's Jahrbuche für 1837.

**) Ein sehr interessanter Vortrag über Fluth und Ebbe von Bessel ist sowol in Schumacher's Jahrbuch für 1838, als auch in Bessel's „populären Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände, Hamburg 1848" abgedruckt.

bourger Beobachtungen vom 12. März bis 16. April 1831 ergiebt. An der Nordsee ist der Unterschied zwischen beiden viel geringer.

Dafs der Mond in allen Fällen von überwiegendem Einflusse ist, ergiebt sich vorzugsweise daraus, dafs das Hochwasser an jedem Orte in einer beinahe constanten Stundenzahl nach der Culmination des Mondes eintritt. Die Sonne hat darauf zwar auch einigen Einflufs, doch beschränkt derselbe sich im Maximum auf 44 Minuten. Das Hochwasser geht nämlich mit Rücksicht auf die Hafenzeit des Ortes der Culmination des Mondes voran oder folgt ihr um soviel Minuten, als die zweite Spalte der nachstehenden Tabelle angiebt, wenn die Sonne um die Stundenzahl der ersten Spalte vor oder nach dem Monde culminirt.

Bei	0	Stunden	ändert	sich	die	Hafenzeit	0	Minuten
-	1	-	-	-	-	-	16	-
-	2	-	-	-	-	-	31	-
-	3	-	-	-	-	-	41	-
-	4	-	-	-	-	-	44	-
-	5	-	-	-	-	-	31	-
-	6	-	-	-	-	-	0	-

Es ist in hohem Grade überraschend, dafs die mächtigen Fluthwellen durch solche überaus geringfügige und in allen übrigen Erscheinungen gar nicht wahrnehmbare Kräfte veranlafst werden. Diese Kräfte bewegen nämlich einen ihrer Einwirkung freigestellten Körper, je nachdem sie von der Sonne, oder vom Monde ausgehn, in einer Secunde nur durch den 9000ten oder 4500ten Theil einer Linie. Sie sind in der That bei allen Erscheinungen auf der Erdoberfläche wirksam, oder wirken der Kraft der Schwere periodisch entgegen, doch wird letztere nur etwa um den millionsten Theil dadurch vermindert. Hieraus erklärt es sich, dafs man diese periodischen Aenderungen sonst gar nicht bemerkt. Die genausten Bestimmungen des Maafses der Schwere oder des Werthes von g ergeben sich aus der Länge des Secunden-Pendels, aber die Genauigkeit, die man hierbei erreichen kann, entspricht noch nicht der Gröfse eines so kleinen Bruches. Auch die aus dieser Veränderung der Schwere entspringende periodische Beschleunigung und Verzögerung des Ganges unserer Uhren, die man aus den astronomischen Beobachtungen am ersten erkennen müfste, entzieht sich

wegen ihrer Geringfügigkeit noch vollständig unsrer Wahrnehmung. Die Uhren in den Sternwarten folgen, soweit die Schärfe der Beobachtung reicht, ganz genau den scheinbaren Bewegungen der Gestirne, also der Umdrehung der Erde. Es läſst sich auch leicht übersehn, daſs die Abweichungen in Folge dieser Veränderung der Schwere noch kleiner sind, als die Zeit- oder Raum-Unterschiede, die wir mit unsern Sinnen wahrnehmen können.

Der Fluthwechsel beträgt, wie bereits erwähnt, an den Europäischen Küsten des Atlantischen Oceans durchschnittlich etwa 12 Fuſs, stellenweise und namentlich in weiten und regelmäſsig geformten Buchten und Strommündungen wird er viel gröſser. Wenn man hiervon absieht und annimmt, wie die Beobachtungen an isolirten Inseln vermuthen lassen, daſs der Unterschied zwischen dem hohen und niedrigen Wasser im offenen Meere und zwar unter dem Aequator nur 3 Fuſs beträgt, und setzt man voraus, daſs dieser Unterschied mit den geographischen Breiten sich vermindert und unter den Polen ganz verschwindet, so überzeugt man sich leicht, daſs bei jedem Fluthwechsel, also in $6\frac{1}{4}$ Stunden, 200 Cubikmeilen Wasser aus einem Erdquadrant in den andern übertreten. Diese Wassermasse nimmt aber keineswegs die Geschwindigkeit der Fluthwelle an, indem sie derselben folgt, die Bewegung geschieht vielmehr in gleicher Weise, wie in den gewöhnlichen Wellen bei groſser Tiefe. Die einzelnen neben einander stehenden Wasserfäden schwingen rechts und links, indem sie zugleich abwechselnd sich verlängern und verkürzen. Die Periode ihrer Schwingung ist freilich übermäſsig ausgedehnt, daher die Bewegung im offenen Meere unmerklich klein; aber jeder Wasserfaden kehrt nach 12 Stunden wieder in seine ursprüngliche Stellung zurück, ohne dieselbe dauernd zu verlassen.

Alle Versuche, die man bisher gemacht hat, die Dimensionen der Erscheinung aus den allgemeinen Gesetzen der Mechanik und aus den astronomischen und geodätischen Messungs-Resultaten herzuleiten, haben noch keinen Erfolg gehabt. Eben so wenig, wie man im offenen Meere, also ganz unabhängig vom Einflusse der Küsten, die Höhe der Fluthwelle oder die Gröſse des Fluthwechsels messen kann, so ist die Bestimmung desselben auch durch Rechnung nicht geglückt, selbst wenn man die Erde als ein rings mit Wasser bedecktes Sphäroid ansieht.

Euler*) faſste die Aufgabe unter dem Gesichtspunkte auf, daſs die Erde vollständig von einer Wasserschicht umgeben ist, aber nicht rotirt, während sie von der Attraction des Mondes afficirt wird. Hieraus fand er für die dem Monde zugekehrte Seite eine Erhebung von 3 Fuſs.

La Place's Untersuchungen**) über Fluth und Ebbe sind von viel gröſserer Bedeutung. Sie stellen den Zeitunterschied für den Eintritt des Hochwassers und für das Verhältniſs der Fluthhöhen bei Springfluthen und todten Fluthen, so wie deren Abhängigkeit von der Entfernung und der Declination des Mondes und der Sonne nicht nur mit der gröſsten Schärfe dar, sondern es schlieſsen diese Resultate sich auch an die seit langer Zeit in Brest angestellten Beobachtungen so genau an, daſs ein berühmter Astronom***) die Pegelstationen an groſsen Meeren eine schätzbare Zugabe zu den Sternwarten nennt, welche gleich diesen zur Kenntniſs aller Erscheinungen am Himmel führen müssen, die von dem Verhältniſs der anziehenden Kräfte der Sonne und des Mondes abhängen.

Nichts desto weniger stellen diese Resultate nicht absolute Maaſse, sondern nur Verhältniſszahlen und Zeitunterschiede dar, und zwei Constanten, nämlich die Höhe der Fluthwelle, oder der Fluthwechsel, und die Hafenzeit bei gewissem Stande der beiden anziehenden Himmelskörper müssen für jeden Ort durch unmittelbare und vielfach wiederholte Messung gefunden werden. In dieser Art sind auch die Fluthtabellen berechnet, die zur Sicherung des Schiffsverkehrs in England und Frankreich jährlich veröffentlicht werden. Die erwähnten beiden Constanten hängen augenscheinlich nur von localen Verhältnissen, das heiſst von der Lage und Gestaltung der Küsten und von den Meerestiefen ab. Eben so, wie die gewöhnliche Meereswelle beim Auflaufen auf untiefe Stellen sich höher erhebt, als auf dem offenen Meere, auch sich zugleich in sofern wesentlich verändert, daſs die Wassermasse nicht nur hin und her schwankt, sondern in dem obern Theile die fortschreitende Bewegung der Welle annimmt, so findet dasselbe auch bei der Fluthwelle statt. Beim

---

*) In den neuen Commentarien der Petersburger Academie, übersetzt und zusammengestellt von Brandes, unter dem Titel: Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung flüssiger Körper. Leipzig 1806. Seite 90.

**) Traité de mécanique céleste. Vol. II. Liv. VI.

***) Bessel, Populäre Vorlesungen. Hamburg 1848. Seite 201.

Eintritt in Buchten, die sich regelmäfsig verengen, sowie auch vor manchen Küsten gewinnt sie eine viel gröfsere Höhe, und es erzeugen sich zugleich sehr heftige Strömungen, die noch dadurch verstärkt werden, dafs die dahinter liegenden Bassins bei der langen Periode der Fluthwelle sich jedesmal anfüllen und wieder entleeren.

Die Bewegung der Fluthwellen läfst sich am sichersten erkennen, wenn man die Hafenzeiten verschiedener Orte mit einander vergleicht. W. Whewell unternahm es zuerst, die Nachrichten, welche in einzelnen Schriften und namentlich in Berichten über Seereisen enthalten sind, möglichst vollständig zu sammeln, und nachdem alle Angaben auf Greenwicher Zeit reducirt waren, dieselben in Charten zusammenzustellen.*) Indem diejenigen Punkte, welche gleiche Hafenzeit haben, durch Linien mit einander verbunden werden, so zeigen diese Charten, wie der Kamm der Fluthwelle von Stunde zu Stunde fortschreitet. Indem man aber die Beobachtungen nur an den Küsten, nicht aber im offenen Meere anstellen kann, so sind die Linien oft nur durch einzelne Punkte gegeben, ihre Richtung bleibt also unbekannt. Nichts desto weniger läfst sich dennoch auch diese aus den Abständen der Punkte, wo die Hafenzeiten um eine Stunde verschieden sind, annähernd beurtheilen, und häufig geben auch Inseln, die in weiter Entfernung von der Küste liegen, einen sehr sichern Anhalt.

Diese Zusammenstellung zeigt nun sehr deutlich, dafs die Fluthwelle im Süden der grofsen Continente sich bildet, und von hier sowol in den Stillen, als in den Atlantischen Ocean eintritt, und in beiden sich im Allgemeinen nordwärts bewegt. Aber auch jenseits des Vorgebirges der guten Hoffnung und des Cap Horn zeigen sich schon sehr auffallende Anomalien, die wahrscheinlich von unbekannten grofsen Inseln oder Continenten herrühren, welche die freie Bewegung des Wassers auch hier hindern. An der östlichen Küste von Afrika tritt die Fluthwelle beinahe in der Länge von vierzig Breitengraden gleichzeitig ein, während sie im Atlantischen Ocean schon 5 Stunden braucht, um vom Vorgebirge der guten Hoffnung bis zur Küste von Guinea zu gelangen. Bei Neuholland wie-

*) Essai towards a first approximation to a map of Cotidal Lines. In den Philosophical Transactions. 1833. Part I.

derholt sich dieselbe Unregelmäfsigkeit und zum Theil auch bei Amerika. Die ganze Küste von Florida bis Neu-Schottland wird gleichzeitig von der Fluthwelle erreicht.

Es ergiebt sich ferner aus diesen Charten, dafs die Fluthwelle über 24 Stunden braucht, um von dem Vorgebirge der guten Hoffnung bis an die Küste von Frankreich zu gelangen, und es dauert aufserdem noch einen Tag, bis sie zwischen Island und Schottland nach der Nordsee kommt und die Mündung der Themse erreicht. Hieraus erklärt es sich, dafs die gröfsten und kleinsten Fluthwechsel oder die Springfluthen und todten Fluthen an den Europäischen Küsten nicht zur Zeit der Mondphasen, sondern $1\frac{1}{2}$ bis 2 Tage später eintreten.

Ob diese secundären Fluthwellen, welche oft ihre Richtung verändern, und zuweilen sogar, wie im Norden von Schottland und im Canale zwischen Frankreich und England, von Westen nach Osten laufen, durch die Anziehung des Mondes und der Sonne theilweise geschwächt und verstärkt werden, ist unbekannt. Eine besondere Erwähnung verdient aber der Fall, wenn die Fluth eine Insel trifft, und an deren beiderseitigen Ufern die Welle sich fortsetzt. Diese getrennten Wellen vereinigen sich wieder an einer bestimmten Stelle, und bei besonderer Gestaltung der Ufer erhebt sich hier die Fluth zu einer ungewöhnlichen Höhe. Dieses geschieht z. B. zwischen der Insel Long-Island und dem Staate Connecticut in einer besonders engen Stelle ohnfern des Hudson. Der Fluthwechsel an der südlichen Küste von Long-Island beträgt bei Springfluthen nur 5 bis 6 Fufs, an der erwähnten Stelle aber bis 20 Fufs, indem die beiderseitigen Fluthwellen hier (bei Hellengate) zusammentreffen und gegen einander stofsen. Die Industrie hat von diesem zufälligen Umstande auch Vortheil gezogen und Trocken-Docks daselbst angelegt, welche die gröfsten Schiffe aufnehmen und durch den natürlichen Abflufs bei Niedrigwasser wieder trocken gelegt werden.

Dagegen kann es auch geschehn, dafs eine der beiden Wellen viel früher an den Vereinigungspunkt gelangt, als die andre, und dafs vielleicht sogar auf dem einen Wege Hochwasser und auf dem andern Niedrigwasser gleichzeitig eintritt. Alsdann wird der Fluthwechsel auf die Differenz beider reducirt, und verschwindet beinahe ganz. Dieses geschieht an der Holländischen Küste. Die Fluth-

Welle dringt in die Nordsee eben sowol durch den Canal, wie auf der Nordseite von Schottland. Wenn die Fluthwelle aber auf dem letzten Wege schon bis Peterhead, auf der östlichen Küste von Schottland angelangt ist, so hat sie im Süden von England nur so bis Calais und Dover erreicht. Diese letzte Welle setzt in der angenommenen Richtung ihre Bewegung längs der Belgischen und Niederländischen Küste fort. An der weit vortretenden Ecke von Nordholland trifft die von Norden herabkommende Fluth ungefähr um 6 Stunden früher ein, als diejenige, welche den Canal durchlaufen ist. Beide heben sich sonach beinahe vollständig auf. Der mittlere Fluthwechsel an der ganzen südlichen Küste der Nordsee beträgt ungefähr 12 Fufs, am Marsdiep und im Hafen Nieuwen-Diep dagegen nur 1,13 Meter, also 3,6 Fufs.

Es leuchtet an sich ein, dafs an solchen Küsten, welche von zwei verschiedenen Fluthwellen in verschiedener Zeit getroffen werden, ungewöhnlich hohe Fluthen viel leichter eintreten können, als in grofsen Meeren. Wenn starke Winde eine oder die andere Fluthwelle beschleunigen oder zurückhalten, so kann leicht das gleichzeitige Eintreffen beider ihre gewöhnliche Höhe verdoppeln. Dieser Fall ereignet sich bei anhaltenden westlichen Stürmen an der ganzen Deutschen Küste der Nordsee, und der Grund hiervon ist ohne Zweifel, dafs alsdann die durch den Canal dringende Welle beschleunigt und verstärkt wird. Man nennt diese Fluthen Sturmfluthen und sie erheben sich bis 12 Fufs über die gewöhnliche Höhe. An der Englischen und Französischen Küste sind sie meist ganz unbekannt, denn wenn Stürme auch hier einige Anschwellung veranlassen, so ist dieselbe doch niemals so bedeutend, dafs sie gegen die Differenzen zwischen Springfluthen und todten Fluthen in Betracht käme. Diese letzten Differenzen sind aber an der Deutschen Nordseeküste ziemlich unbedeutend. Nach den an der Jade im Jahre 1855 angestellten Beobachtungen mifst der Fluthwechsel durchschnittlich

in den Springfluthen 13 Fufs 2,8 Zoll
und in den todten Fluthen 11 Fufs 1,7 Zoll.

Die Höhen stehn daher im Verhältnisse, wie 19 zu 16, und in ähnlicher Weise verhält es sich an der Mündung der Weser und Elbe, während in den Französischen und Englischen Häfen das Verhält-

nifs durchschnittlich wie 2 : 1 sich herausstellt und an manchen Stellen, wie bereits erwähnt, 3 : 1 ist.

In nahem Zusammenhange hiermit steht auch die lange Dauer des Hochwassers in einzelnen Häfen. Gemeinhin kann man nämlich, wenigstens am offenen Meere, wenige Minuten nachdem das Steigen aufgehört hat, schon das Fallen des Wassers bemerken. In den Flufsmündungen verlängert sich aber die Dauer des Hochwassers sehr bedeutend, so z. B. an der Mündung der Orne auf $1\frac{1}{4}$ Stunden und nahe eben so grofs ist sie auch im Hâvre. Für die Schiffahrt ist dieser Umstand sehr vortheilhaft, weil alsdann das Aus- und Eingehn der Schiffe mit gröfserer Bequemlichkeit erfolgen kann.

Sehr wichtig ist die Frage, in welchem Maafse das Wasser von Stunde zu Stunde während einer vollen Fluthperiode steigt und fällt, oder welches die Curve der Fluthwelle ist, während letztere an einem Beobachtungsorte vorübergeht. Aus der obigen Entwickelung der fluthcrzeugenden Kraft des Mondes oder der Sonne läfst sich diese Curve leicht herleiten, wenn man wieder die an sich begründete Voraussetzung macht, dafs die Erhebung des Wassers jener Kraft proportional ist.

Diese Kraft war gleich $mP\frac{2r}{a^3}$, indem m eine Constante, P die Masse des anziehenden Himmelskörpers, a dessen centralen Abstand von der Erde und r den Halbmesser der letzteren bezeichnet. Der Einfachheit wegen nehme man an, der untersuchte Punkt A auf der Erdoberfläche befinde sich unter dem Aequator, und die durch den letzteren und durch den Mittelpunkt der Erde gelegte Ebene treffe in weiter Entfernung auch den anziehenden Himmelskörper M. Diese Voraussetzungen sind keineswegs ganz richtig, sie entfernen sich jedoch nicht weit von der Wahrheit und stellen insofern die wirklichen Verhältnisse annähernd dar, als die Fluthwelle in niedrigen Breiten sich erzeugt, und die Declinationen der anziehenden Himmelskörper bald nördlich und bald südlich sind. Der Punkt A durchläuft nach Fig. 17 den Weg $DAEGF$. In der Richtung CM befinde sich der betreffende Himmelskörper, und von der auf CM gezogenen senkrechten Linie CD ab messe man den Winkel φ, den der Punkt A durchlaufen hat. Der Abstand des letzteren von dem anziehenden Körper M ist alsdann bei der sehr grofsen Entfernung desselben um $r \operatorname{Sin} \varphi$ kleiner, als der des Mittelpunktes der Erde. Dar-

aus ergiebt sich die flutherzeugende Kraft in der Richtung AM, die zu CM sehr nahe parallel ist, gleich

$$m P \frac{2 r \operatorname{Sin} \varphi}{a^3}$$

und wenn man diese Kraft auf den verlängerten Radius CA projicirt, so erhält man die Erhebung des Wasserstandes, die mit y bezeichnet wird,

$$y = 2 m \frac{Pr}{a^3} \operatorname{Sin} \varphi^2$$

$$= m \frac{Pr}{a^3} (1 - \operatorname{Cos} 2 \varphi) \quad .$$

Wenn sonach ein Kreis, dessen Durchmesser dem ganzen Fluthwechsel, oder dessen Radius dem halben Fluthwechsel zwischen Hoch- und Niedrigwasser gleich ist, auf einer geraden Linie gleichmäfsig rollt, und der von dem Niedrigwasser ab zurückgelegte Weg durch den entsprechenden Winkel oder durch 2φ bezeichnet wird, wie Fig. 18 zeigt, so ist an jeder Stelle, wo der Kreis sich befindet, die Fluthhöhe gleich dem Sinus versus dieses Winkels. Auf diese Art bildet sich das Profil der Fluthwelle über dem Halbkreise DEG (Fig. 17), dasselbe Profil stellt sich aber auch auf dem gegenüberstehenden Halbkreise GFD dar, welcher dem anziehenden Himmelskörper abgewendet ist.

Bei der Drehung der Erde bewegt sich der feste Punkt A vergleichungsweise gegen den Stand des anziehenden Himmelskörpers rings um den Kreis $DEGFD$, und indem diese Drehung erfolgt, so stellen sich in ihm zwei vollständige Fluthperioden ein. Das so eben hergeleitete Gesetz ist aber zugleich der Ausdruck für die Curve der Fluthwelle, wenn die Abscissen der Zeit proportional angenommen werden. Fig. 18 zeigt diese Curve.

Dieses Gesetz ist, soviel bekannt, zuerst von La Place*) ausgesprochen worden. Die Curve, welche es darstellt, ist nichts anderes, als die gewöhnliche Sinuslinie, wenn man die Abscissenlinie durch den Mittelpunkt des rollenden Kreises legt. Es mufs aber noch darauf aufmerksam gemacht werden, dafs die Maafsstäbe, welche man für die Abscissen und Ordinaten wählt, von einander ganz unabhängig sind, weil die erstern, Zeiten und die letztern, Längenmaafse darstellen.

*) Traité de mécanique céleste. Tome II, Livre IV. Chap. 3. Nr. 17.

Minard*) erwähnt, dafs die Beobachtungen auf freiliegenden Küstenpunkten diese Curve sehr nahe wiedergeben. Nach einigen von ihm mitgetheilten Profilen und namentlich nach dem bei Lorient gemessenen ist dieses allerdings der Fall. Eine noch gröfsere und gewifs überraschende Uebereinstimmung mit diesem Gesetz giebt sich dagegen in einer Beobachtungs-Reihe zu erkennen, die Brahms**) früher, als das Gesetz bekannt war, mitgetheilt hat. Der Beobachtungsort ist nicht näher angegeben, es wird nur gesagt, die Tabelle weise nach, wie die Fluth und Ebbe auf der Jade steige und falle. Wahrscheinlich sind die Messungen nahe an der Mündung der Jade, vielleicht in Hoch-Siel gemacht, denn weiter südlich bei Heppens üben die ausgedehnten Wattgründe in dem weiten Busen der Jade schon einen sehr störenden Einflufs aus, wie in Folgendem gezeigt werden wird.

Indem das Werk von Brahms bereits ziemlich selten geworden ist, so theile ich nachstehend diese Tabelle vollständig mit:

	Fluth.		Ebbe.	
	Zeit.	Wasserstand.	Zeit.	Wasserstand.
Niedrig-wasser	6 Uhr 45 Min.	0 Fufs 0 Zoll	1 Uhr 0 Min.	11 Fufs 11¼ Zoll
	7 - 0 -	0 - 1½ -	1 - 15 -	11 - 9 -
	7 - 15 -	0 - 4 -	1 - 30 -	11 - 6¼ -
	7 - 30 -	0 - 7¼ -	1 - 45 -	11 - 2½ -
	7 - 45 -	0 - 11¾ -	2 - 0 -	10 - 9¼ -
	8 - 0 -	1 - 5¼ -	2 - 15 -	10 - 4 -
	8 - 15 -	1 - 11¼ -	2 - 30 -	9 - 10 -
	8 - 30 -	2 - 5¾ -	2 - 45 -	9 - 3½ -
	8 - 45 -	3 - 1¼ -	3 - 0 -	8 - 8½ -
	9 - 0 -	3 - 9¾ -	3 - 15 -	8 - 1 -
	9 - 15 -	4 - 6½ -	3 - 30 -	7 - 5 -
	9 - 30 -	5 - 3¾ -	3 - 45 -	6 - 8½ -
	9 - 45 -	6 - 1½ -	4 - 0 -	5 - 11½ -
	10 - 0 -	6 - 11 -	4 - 15 -	5 - 2 -
	10 - 15 -	7 - 8 -	4 - 30 -	4 - 5 -
	10 - 30 -	8 - 4¼ -	4 - 45 -	3 - 8½ -
	10 - 45 -	9 - 0 -	5 - 0 -	2 - 11¾ -
	11 - 0 -	9 - 7 -	5 - 15 -	2 - 4¾ -
	11 - 15 -	10 - 1¼ -	5 - 30 -	1 - 10¼ -

*) Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer. Paris 1846. pag. 8.

**) Anfangsgründe der Deich- und Wasserbaukunst von Albert Brahms. Aurich (ohne Jahreszahl) Seite 74. Der zweite Theil ist im Jahre 1757 erschienen.

Fluth. Zeit.	Wasserstand.	Ebbe. Zeit.	Wasserstand.
11 Uhr 30 Min.	10 Fufs 7 Zoll	5 Uhr 45 Min.	1 Fufs 4½ Zoll
11 - 45 -	11 - ¼ -	6 - 0 -	1 - 0 -
12 - 0 -	11 - 4¼ -	6 - 15 -	0 - 8 -
12 - 15 -	11 - 7¼ -	6 - 30 -	0 - 5 -
12 - 30 -	11 - 10 -	6 - 45 -	0 - 3 -
12 - 45 -	11 - 11¼ -	7 - 0 -	0 - 2½ -
nw. 12 - 50 -	11 - 11½ -	7 - 15 -	0 - 2½ -

Fig. 19 stellt diese Beobachtungsreihe graphisch dar. Man be-
rt, dafs das Niedrigwasser, mit dem die Beobachtungen begin-
etwa um 2¼ Zoll tiefer herabgesunken war, als dasjenige mit
sie schliefsen. Dieser Unterschied ist ungewöhnlich geringe,
ts desto weniger mufs man, wenn man einen sichern Vergleich
ellen will, hierauf Rücksicht nehmen und für den aufsteigenden
den abfallenden Schenkel zwei verschiedene Gröfsen des Fluth-
hsels zum Grunde legen. Thut man dieses, so schliefst sich die
slinie so genau an die Beobachtungen an, dafs die übrigblei-
den Fehler durchschnittlich noch nicht einen halben Zoll, und
Maximum nur 2 Zoll betragen. Diese Beobachtungsreihe liefert
eine sehr wichtige Bestätigung des oben entwickelten Gesetzes.
Einige Meilen weiter südlich, an der von Westen vortretenden Ecke,
Veer-Hoek genannt, ohnfern Heppens, wo sich der weit ausge-
nte Busen der Jade von dem engeren Halse scheidet, zeigt die
th-Scale niemals dieselbe Regelmäfsigkeit. In den Springfluthen wie
len todten Fluthen und überhaupt jedesmal, wenn nicht etwa sehr
ke Winde eine Aenderung veranlassen, steigt das Wasser in den
en vier Stunden viel schneller, als in den beiden letzten, und eben
fällt es auch im Anfange der Ebbe schneller, als am Ende der-
en. Der Grund davon ist ohne Zweifel in den hohen Wattgrün-
des Jade-Busens zu suchen, welche in der ersten Hälfte der
th trocken bleiben, so dafs die eintretende Wassermasse anfangs
die Rillen oder Baljen zu füllen braucht, während sie später
über jene Gründe ergiefst und daher einen viel stärkeren Ab-
s des steigenden Wassers veranlafst. Eben so strömt während
zweiten Hälfte der Ebbe noch dauernd das auf den Watten auf-
angene Wasser ab, und verzögert dadurch das Sinken des Was-
standes am Pegel.

Die Dauer der Fluth und Ebbe sind auch auf dieser Station

sehr nahe gleich, denn durchschnittlich ist die Dauer der Flutl
um 8½ Minuten länger, als die der Ebbe. Um die mittlere
der Fluthwelle zu bestimmen, wählte ich unter den sehr zahlre
Beobachtungsreihen 17 aus, die bei ruhiger Witterung angestell
so weit ausgedehnt waren, dafs die Zeit und Höhe des Niedri
sers sowol am Anfange, als am Ende der Beobachtungsreihe
hinreichend sicher entnehmen liefs. Nachdem für jede dieser R
die einzelnen Ablesungen in Zwischenzeiten von 10 Minuten
phisch dargestellt und durch eine möglichst anschliefsende Curv
einander verbunden waren, wurde die Niveau-Differenz zwi
dem Scheitel des Hochwassers und dem des vorhergehenden
drigwassers in 20 gleiche Theile getheilt. Die Zeichnung erga
dann die Zeit, in welcher jeder einzelne dieser Höhentheile er
war. In gleicher Art wurde hierauf auch der abfallende
der Ebbe-Schenkel, und zwar vom Hochwasser bis zu dem
auf folgenden Niedrigwasser behandelt. Aus der Verbindung
Reihen ergaben sich die Zeiten, in welchen vor und nach dem
wasser diese verschiedenen Höhen bei der Fluth und der Ebl
reicht sind.*) Fig. 20 zeigt das Profil der Fluthwelle, wie es
dieser Untersuchung im mittleren Werthe sich darstellt.

Das rasche Steigen der Fluth und langsame Fallen des
sers bei der Ebbe tritt an Beobachtungsorten, welche vom of
Meere noch weiter entfernt sind, und an grofsen Strömen l
viel auffallender hervor. Fig. 21 zeigt ein bei Hamburg gen
nes Fluthprofil. Der Ebbe-Schenkel desselben bildet hier ga
nen sanften Uebergang zu dem folgenden Fluthschenkel. Die
welle tritt vielmehr plötzlich auf und die Dauer des niedri
Wassers verschwindet daher vollständig. Auch hier bemerkt
dafs die Fluth in den ersten Stunden viel schneller steigt,
den letzten. Bei der Ebbe findet in geringerem Maafse da
statt. Ehe die Fluth heraufkommt, senkt sich das Wasser
tend, doch erfolgt die Senkung in gleichen Zeiten immer langs
bis sie durch die neue Welle plötzlich unterbrochen wird. Au
Dauer des Steigens und Fallens ist sehr verschieden: die Flut

*) Ueber Fluth- und Boden-Verhältnisse des Preufsischen Jade-Gebiete
natsberichte der Königl. Academie der Wissenschaften zu Berlin. 1856.
339 ff.

r $4\frac{3}{4}$ Stunden an, während die Ebbe sich auf $7\frac{1}{2}$ Stunden aushnt.

In Betreff der Fluthprofile müssen noch manche auffallende .nomalien erwähnt werden. Ueber den Einfluſs des Windes, der m so bedeutender wird, wenn die Fluth auf zwei verschiedenen Vegen ein Ufer trifft, ist bereits gesprochen worden, so auch von er längeren Dauer des höchsten Wasserstandes, die in manchen Iäfen zum groſsen Vortheil des Schiffahrtsbetriebes eintritt. Besonlers bemerkenswerth ist aber, daſs an einzelnen Orten in derselben 'luthperiode das Wasser abwechselnd steigt und fällt, also zwei Maxima und zwei Minima in einem Fluthprofile sich bilden. Namentlich geshieht dieses wieder, wenn durch eine davor liegende Insel die Welle getheilt wird und der eine Theil derselben den Beobachtungsort früher erreicht, als der andre. Vor der Mündung der Charente liegt die Insel Oleron, vor der sich ein ziemlich regelmäſsiges Fluthprofil zeigt. Durch dieselbe wird indessen der Strom gespalten, und indem ein Theil von diesem die Mündung der Charente früher erreicht, als der andre, so stellen sich in Rochefort zwei verschiedene Hochwasser ein. Dieses geschieht vorzugsweise in der Zeit des ersten und letzten Mondviertels. Während der ersten drei Stunden der Fluth steigt das Wasser regelmäſsig 4 bis 5 Fuſs, alsdann wird die Zunahme geringer, und nach 4 Stunden bildet sich der erste Hochwasser-Scheitel. Hierauf fällt das Wasser zwei Stunden lang sehr langsam, so daſs es sich im Ganzen etwa um 1 Fuſs senkt. Alsdann beginnt ein neues Steigen, das nach 2 Stunden den höchsten Scheitelpunkt bildet, der den ersten zuweilen um $2\frac{1}{2}$ Fuſs überragt. Bei der nunmehr eintretenden Ebbe sinkt das Wasser sehr schnell auf seinen tiefsten Stand herab. Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch in andern Häfen und schon Smeaton bemerkte sie bei Christchurch auf der westlichen Seite der Insel Wight.

Die sehr vollständigen und genauen Fluthbeobachtungen, welche die Provinz Nordholland bei Nieuwen-Diep anstellen läſst, und von denen noch später die Rede sein wird, zeigen die merkwürdige Erscheinung, daſs das Hochwasser sich nahe eine Stunde lang in gleicher Höhe erhält, aber am Anfange oder am Schlusse dieser Periode noch plötzlich bedeutend anschwillt. Diese Anschwellungen sind aber in den auf einander folgenden Fluthen nicht übereinstimmend,

vielmehr liegt der steile Scheitel, den sie darstellen bei den Tagesfluthen auf der einen und bei den Nachtfluthen auf der andern Seite, und bei andern Positionen des Mondes wechseln beide Scheitel ihre Stellung. Es ergiebt sich also hieraus noch eine ganz besondere und eigenthümliche Einwirkung der Sonne, die man gemeinhin nicht bemerken kann.

Noch auffallender wird die Erscheinung an manchen Punkten der östlichen Küste von Asien und zwar in hohen Breiten, woselbst bei gewissen Monds-Positionen nur einmal am Tage die Fluth sich bemerklich macht. Auch bei Tahiti tritt die geringe Fluth nur Mittags ein, und ist vom Monde fast ganz unabhängig.

Was die Gröfse des Fluthwechsels oder die Niveau-Differenz zwischen Hochwasser und Niedrigwasser betrifft, so ist bereits erwähnt worden, dafs dieselbe nicht nur vom Stande und der Entfernung des Mondes und der Sonne von der Erde, sondern auch in hohem Grade von der Lage des Beobachtungsortes und der Gestaltung der Küste abhängt. Die Wirkung der astronomischen Verhältnisse läfst sich durch Rechnung bestimmen, die der localen aber nur durch directe Beobachtung. Wie es aber zur vollständigen Bestimmung der Zeit des Hochwassers für jeden Tag genügt, wenn man die Hafenzeit, also die Stunde dieses Eintritts bei Voll- und Neumonden kennt, indem sie für die übrigen Tage sich hieraus leicht herleiten läfst, eben so darf man im Allgemeinen auch nur den Fluthwechsel während der Springfluthen für jeden Hafen feststellen, und es läfst sich daraus wieder der Fluthwechsel und eben so auch die Höhe des Hochwassers und des Niedrigwassers an jedem beliebigen Tage und nach dem bekannten Fluthprofile sogar der Wasserstand in jeder beliebigen Stunde herleiten. In dieser Art sind nun in England, wie auch in Frankreich, durch vielfache Beobachtungen die Fluthwechsel zur Zeit der Springfluthen bestimmt worden, und das mittlere Niedrigwasser zur Zeit der Springfluthen ist in die Hafen- und Küstencharten eingetragen. Die darin eingeschriebenen Zahlen bezeichnen die Tiefen bei diesem Wasser, und eben so auch die Höhe, um welche Sand- und Kiesbänke und Felsen darüber hervorragen. Sobald der Schiffer weifs, wie hoch das Wasser über diesem Niedrigwasser steht, so kann er die Wassertiefen in den Fahrwassern berechnen, die er beim Durchfahren vorfindet. Hierzu setzen ihn die Fluthtabellen, die in London und Paris jährlich er-

,*) vollständig in den Stand. Für die Haupthäfen kann er
en und Höhen der beiden täglichen Hochwasser unmittelbar
sen Tabellen entnehmen, in dem Französischen Annuaire sind
em auch die Zeiten und Höhen aller Niedrigwasser angege-
Für die in der Nähe liegenden Häfen weist aber eine andre
e nach, um wieviel Minuten vergleichungsweise gegen einen
hafen das Hochwasser früher oder später eintritt, auch ob es
grössere oder geringere Höhe erreicht. Indem endlich noch
Tabellen beigefügt sind, welche das Steigen und Fallen des
ers von Stunde zu Stunde leicht ermitteln lassen, so kann der
er jederzeit wissen, welche Tiefe das Fahrwasser hat, in wel-
er einsegeln will.

ch füge für die Hauptpunkte der Englischen und Französischen
die erwähnten Höhen-Constanten, nämlich die Gröfse des
wechsels bei gewöhnlichen Springfluthen, in Rheinländischem
aafse ausgedrückt, bei. Die Vergleichung derselben zeigt sehr
h, welchen wesentlichen Einfluſs die Gestaltung der Küsten
f ausübt.

land und Schottland.			Frankreich.		
port . . .	14 Fuſs	11 Zoll	Entrée de l'Adour	8 Fuſs	11 Zoll
iouth . .	12 -	2 -	Arcachon . . .	12 -	5 -
. . . .	18 -	2 -	Cordouan . . .	15 -	0 -
ees . . .	15 -	6 -	La Rochelle . .	17 -	0 -
i	18 -	11 -	St. Nazaire (Loire)	17 -	1 -
h . . .	11 -	2 -	Le Croisic . .	15 -	11 -
. . . .	20 -	3 -	Port-Louis . .	15 -	0 -
land . .	13 -	11 -	Lorient	14 -	3 -
Shields . .	12 -	11 -	Audierne . . .	12 -	9 -
. . . .	15 -	10 -	Brest	20 -	5 -
. . . .	12 -	9 -	Ile Brèhat . . .	31 -	11 -
ck . . .	9 -	5 -	Saint-Malo . .	36 -	2 -
ool . . .	25 -	3 -	Granville . . .	39 -	2 -
ad . . .	15 -	6 -	Les Écrehoux .	32 -	8 -
oke . . .	20 -	5 -	Cherbourg . . .	18 -	0 -

Tide tables for the English and Irish Ports und Annuaire des marées des
s France.

England und Schottland.		
Weston-super-mare	36 Fuſs	1 Zoll

Irland.		
Kingstown	10 Fuſs	8 Zoll
Belfast	9 -	3 -
Londonderry	7 -	5 -
Sligo Bay	10 -	10 -
Galway	14 -	5 -
Queenstown (Cork)	11 -	4 -
Waterford	12 -	0 -

Frankreich.		
Barfleur	18 Fuſs	0 Zoll
La Hougue	19 -	4 -
Port-en-Bessin	20 -	5 -
Entrée de l'Orne	23 -	5 -
Le Havre	22 -	9 -
Fécamp	24 -	7 -
Dieppe	28 -	0 -
Cayeux (Somme)	29 -	2 -
Boulogne	25 -	3 -
Calais	19 -	11 -
Dunkerque	17 -	1 -

Es ergiebt sich aus dieser Zusammenstellung, daſs der Fluthwechsel an der freien Küste des Atlantischen Oceans und eben so auch an der Nordsee, und zwar in den Springfluthen, nicht gröſser ist, als etwa 12 Fuſs. Auch an der Deutschen Nordsee-Küste stellt er sich ungefähr eben so groſs heraus. Er wächst jedoch bedeutend an, sobald die Fluthwelle gegen eine ihr entgegenstehende Küste läuft. Dieses geschieht auf der Südseite der Bretagne und besonders im Westen der Halbinsel Cotantin, ohnfern Cherbourg. In gleichem Maaſse und zum Theil noch höher schwillt die Welle an, wenn eine trichterförmig verengte Bucht sie aufnimmt. Hierdurch erklären sich die bekannten höchsten Fluthen bei Granville und in der Mündung des Severn. Sind die Buchten dagegen der Bewegung der Fluthwelle nicht zugekehrt, so vermindert sich der Fluthwechsel, wie bei Londonderry und Belfast. Der Canal zwischen England und Frankreich wirkt gleichfalls wie eine solche trichterförmig geöffnete Bucht. Bei Portsmouth miſst der Fluthwechsel nur 12 Fuſs. Er vergröſsert sich aber bei Dover bis 18 Fuſs. An der Französischen Küste ist er bei Cherbourg und Barfleur 18 Fuſs. Er schwillt an der Mündung der Somme bis 29 Fuſs an und vor Boulogne beträgt er noch 25 Fuſs, während er bei Calais, das schon jenseits der engsten Stelle liegt, nur noch 20 Fuſs miſst. In der geringen Entfernung bis Dunkerque nimmt er um 3 Fuſs ab, und an der Belgischen Küste ermäſsigt er sich sehr schnell wieder auf 12 Fuſs.

Weiterhin an den Ufern der Nordsee tritt die merkwürdige Erscheinung ein, daſs in Folge der Begegnung der Fluthwellen, die

h den Canal zwischen England und Frankreich, ı
um Schottland in die Nordsee treten, der Fl
rordentlich ermäſsigt. In welcher Art diese] gegnung
bereits erwähnt, wie sehr aber die Fluth dadurch verändert
ebt sich aus den an der Niederländischen Küste a ı
n sehr augenscheinlich. Die Hauptresultate dersell
ehenden Zusammenstellung enthalten, man darf di
t unmittelbar mit den vorstehenden vergleichen,
Fluthwechsel bei Springfluthen, vielmehr den mittl
le Fluthen bezeichnen, die Maaſse sind also in b
hieden und die Angaben würden sich hier] stellen,
gleicher Weise, wie in England und Fran die
then berücksichtigt wären.

erschien angemessen, auch für einige Orte, die höher
an Strömen liegen, den Fluthwechsel, der überall auf Rhein-
s Fuſsmaaſs reducirt ist, beizufügen.*)

I. An der Niederländischen Meeresküste.

Orte	mittlerer Fluthwechsel	
West-Cappelschen Deiche	11 Fuſs	0 Zoll
tens, Mündung der Wester-Schelde	11 -	8 -
Mündung der Oster-Schelde	11 -	9 -
Mündung des Krammer	8 -	3 -
ee	6 -	5 -
voetsluis	4 -	11 -
le	4 -	9 -
eide	5 -	7 -
ijk	5 -	4 -
n	5 -	0 -
ven-Diep	3 -	7 -
l im Hafen Oude-Schild	3 -	4 -
and, im Hafen	5 -	3 -
helling im Hafen	5 -	2 -
and	6 -	3 -

---

*) se Angaben sind entnommen aus dem Jaarboekje vor de Leden van ijk Instituut van Ingenieurs. 1861.

bei Rottum	7 Fuſs	5
bei Delfzijl	8 -	8

II. An den Niederländischen Strömen.

an der Wester-Schelde

bei Vliessingen	11 Fuſs	9
bei Ter-Neuzen	12 -	7
bei Bath	13 -	6
bei Antwerpen	12 -	9

an der Oster-Schelde

bei Zierikzee	10 -	1
bei Bergen op Zoom	12 -	0

im Krammer

bei Brouwershaven	9 -	7

im Hollandschdiep

bei Willemstad	6 -	6

an der Maas

bei Rotterdam	4 -	6
bei Dortrecht	5 -	7
bei Gorinchem	1 -	7

am Zuiderzee

bei Harlingen	4 -	0
bei Amsterdam	1 -	2
bei Monnickendam	0 -	8
bei Edam	1 -	1
bei Enkhuizen	1 -	9
bei Medemblik	2 -	[illegible]
an der Insel Wieringen	2 -	10

Die erste Zusammenstellung zeigt, wie der Fluthwechsel
Niederländischen Küste neben der Insel Texel am geringste
von hier ab auf beiden Seiten sehr schnell aber wieder zu
Die zweite Zusammenstellung ist dagegen in sofern wichtig,
erkennen läſst, daſs die Fluth beim Einlaufen in weite Strom
die sich bald verengen, an Höhe zunimmt, daſs sie dageg

lend geringer wird, wenn sie wie im Zuiderzee durch enge le in weit geöffnete Binnengewässer gelangt.

Die Vorrichtungen zum Beobachten der Wasserstände ser Gewässer, welche der Fluth unterworfen sind, verdienen noch r besondern Erwähnung. Wollte man die Ablesungen wie an ländischen Flüssen geschieht, an bestimmten Tagesstunden vornen, so würden sie beinahe ohne Werth bleiben. In manchen len, wo auf diese Beobachtungen wenig Gewicht gelegt wird, ist Anordnung getroffen, dafs die Ablesungen zur Zeit des höchn und des niedrigsten Wassers erfolgen, und dabei zugleich die iten des Eintritts derselben notirt werden sollen. Es ist indessen mus schwierig, solche Vorschrift bei dem steten Wechsel des sserstandes und bei dem grofsen Einflusse der Witterung auf selben so zur Ausführung zu bringen, dafs die Messungen die lige Schärfe wirklich haben. Der Beobachter mufs in diesem le selbst bei normalen Fluthen wenigstens eine Viertel Stunde durch am Pegel sich aufhalten, und wenn er den höchsten und drigsten Wasserstand auch genau genug angiebt, so wird es ihm ch nicht gelingen, die Zeit des Eintritts desselben richtig zu bezeichnen, so lange er nicht in kurzen Zeit-Intervallen die Höhen otirt, und aus den Curven, die sich hierdurch bestimmen, auf die age der Scheitelpunkte schliefst. In der Regel wird er den Zeitunkt, in welchem er die entgegengesetzte Bewegung schon bemerkt, ls denjenigen ansehn, wo der Wechsel erfolgt, also wird er die eisen um einige Minuten zu spät notiren. Wenn aber vollends die luthen sich verfrühen oder verspäten, wie häufig geschieht, so kann icht der Wasserwechsel unbeachtet vorübergehn, und es werden dann willkührliche Angaben in die Tabellen geschrieben.

Um wenigstens die höchsten Wasserstände sicher zu erkennen, htete schon Brahms an den Oldenburger Deichen einen selbstgistrirenden Pegel ein. Er stellte nämlich in einen Falz am Siele en starken hölzernen Stab, in welchen in Abständen von einem le Löcher in schräger Richtung abwärts eingebohrt waren. Der ganze Stab wurde sehr stark mit Oel getränkt, damit das Was, welches in die Löcher trat, sich nicht in das Holz einziehn nnte. Aufserdem sorgte er bei der Aufstellung dafür, dafs dieser ab wenigstens von starkem Wellenschlage nicht getroffen wurde. ejenigen Löcher, in welche das Hochwasser eintrat, blieben län-

gere Zeit hindurch gefüllt und so konnte man mehrere Stunden nachher, wenn man den Stab auszog und niederlegte, noch erkennen, wie hoch die Fluth gestiegen war.

Viel zweckmäfsiger sind die Einrichtungen, die man in neuerer Zeit vielfach zu diesem Behufe getroffen hat. Zunächst pflegt man nicht an einem gewöhnlichen Pegel im Vorhafen den Wasserstand abzulesen, weil theils die Wellenbewegung keine Schärfe gestattet, und theils bei dem steten Wechsel des Wasserspiegels die Latte sich so schnell mit Schlamm überzieht, dafs die Eintheilung in kurzer Zeit nicht mehr zu erkennen ist. Der Wasserstand wird daher in einem brunnenförmigen Bassin gemessen, welches durch einen Canal oder eine Röhre von mäfsigen Dimensionen mit dem Vorhafen in Verbindung steht, und bis unter das niedrigste Wasser herabreicht. Hierdurch wird der Einflufs der Wellen schon in hohem Grade aufgehoben. Wenn in diesem Brunnen auch gewisse feste Marken angebracht sind, um den ganzen Apparat immer prüfen und berichtigen zu können, so erfolgt die Ablesung doch nicht an einem feststehenden Maafsstabe, vielmehr an einem Zeiger, der durch einen Schwimmer aus Kupferblech in Bewegung gesetzt wird. Letzterer mufs hinreichend grofs sein, um nicht durch die Reibung beim Anlehnen an die Seitenwand in seiner vertikalen Bewegung gehindert zu werden, und am vortheilhaftesten ist es, durch besondere Führung dieses Berühren der Wände vollständig zu verhindern.

Fig. 22 zeigt den Durchschnitt und die Einrichtung des Pegels, der schon vor längerer Zeit neben dem Vorhafen des Kriegshafens bei Cherbourg erbaut wurde. Der Brunnen, mit Werksteinen eingefafst, stand mittelst eines gewölbten Canales mit dem Vorhafen in Verbindung. Ueber ihm war ein leichtes hölzernes Gebäude errichtet und hierin befand sich zunächst ein eisernes Rad A, über welches eine kupferne Kette ohne Ende geschlungen war. Diese griff mit ihren Schaaken in besondere Zähne des Rades ein, und setzte dadurch dieses in Bewegung, sobald der an ihr befestigte Schwimmer C sich senkte. Damit sie aber auch beim Ansteigen des Schwimmers der Bewegung folgte, so trug sie an der andern Seite ein angemessenes Gegengewicht D, welches ihr stets die nöthige Spannung gab. Indem die Kette, wie die Figur zeigt, auch unten geschlossen ist, so bleibt sie jederzeit an sich im Gleichgewichte und eine Störung des Letzteren, die allerdings eine verschiedene Ein-

g des Schwimmers zur Folge haben würde, tritt nur inso-
n, als das Gegengewicht D sich zuweilen über das Wasser
. Bei dem grofsen specifischen Gewichte desselben und bei
edeutenden Querschnitte des Schwimmers bleibt der hierdurch
achte Fehler indessen überaus geringe, und es hindert nichts,
emselben besonders Rechnung zu tragen, indem alle dazu
derlichen Daten gegeben sind. Das Rad A dreht sich dem-
h bei jeder Veränderung des Wasserstandes um einen entspre-
den Winkel. Da es jedoch bei dem bedeutenden Fluthwechsel,
da man ihm keine übermäfsigen Dimensionen geben konnte,
ere Revolutionen machte, so liefs sich der zur Ablesung die-
is Zeiger nicht unmittelbar an ihm anbringen. Aus diesem
de greift ein daran befindliches Getriebe in ein zweites Rad B
, und dieses trägt an seiner Achse den Zeiger, der den Wasser-
d angiebt. Ohne Zweifel ist hierdurch die Beobachtung sehr er-
ert. Aufserdem befinden sich an beiden Seiten des eingetheil-
n Bogens, der die Wasserstände angiebt, noch zwei lose Zeiger,
von dem ersten gefafst und soweit zurückgeschoben werden, als
er sich bewegt. Dieselben lassen also später erkennen, bis zu
lcher Höhe das Wasser gestiegen oder herabgesunken ist. Die
hse, welche den ersten Zeiger trägt, verlängert sich auf der ge-
nüberstehenden Seite noch soweit, dafs sie aus der Wand des Ge-
udes heraustritt und hier auf einem zweiten Zifferblatte jedem
orübergehenden den Wasserstand anzeigt.

Aufserdem werden die erwähnten Schwimmer in neuester Zeit
noch sehr häufig mit Vorrichtungen versehn, wodurch der jedesma-
lige Wasserstand mit Angabe der Zeit, in der er eingetreten ist,
sich selbst aufzeichnet. Man nennt dieses selbstregistrirende
Pegel. Fig. 23 stellt in der wesentlichsten Zusammensetzung den-
jenigen Apparat dieser Art vor, der in England vielfach in Seehä-
fen benutzt wird. An dem Kupferdrahte A befindet sich der Schwim-
mer, der wieder in einem Brunnen übereinstimmend mit dem Was-
serstande im Vorhafen sich hebt und senkt. Der Draht ist um die
Trommel B geschlungen, und da man in der darzustellenden Scale
die Höhenunterschiede nicht in der natürlichen Gröfse, sondern in
kleinerem Maafsstabe wiedergeben will, so hängt der eiserne Block
E, der zugleich das Gegengewicht bildet und den zeichnenden Stift
F trägt, an einem zweiten Drahte, der um die kleinere Trommel D

geschlungen ist. Beide Trommeln sind an derselben Achse befestigt und bewegen sich also übereinstimmend. Der schwere Block *K* wird aber zwischen gehobelten Schienen so sicher geführt, dafs er sich nur heben und senken, aber keine seitliche Bewegung machen, noch schwanken kann. Der Stift *F* wird durch eine sanft gespannte Feder vorgeschoben und lehnt sich daher mit geringem Drucke gegen die vertikale Walze *G*. Letztere steht mit einem Uhrwerke in Verbindung und wird durch dieses in 24 Stunden einmal umgedreht. Wenn man sonach um diese Walze einen darauf passenden und vorher mit entsprechenden Parallellinien versehenen Bogen legt und daran befestigt, so zeichnet der Stift auf denselben die Wasserstände eines Tages als eine Curve auf, deren Abscissen die Zeiten sind. Jene erwähnten Parallellinien die auf das sorgfältig behandelte Papier vorher aufgedruckt sind, haben theils vertikale, theils horizontale Richtungen. Die horizontalen Linien bezeichnen die Höhen-Maafse, die vertikalen dagegen die Stunden. Dafs die Papierbogen vor dem Auflegen auf die Walze genau beschnitten, auch gegen passende Ränder der Walze gelehnt und sicher dagegen befestigt werden müssen, bedarf kaum der Erwähnung, ich mufs aber hinzufügen, dafs nach den mir gemachten Mittheilungen das Abnehmen des einen und Aufbringen des andern Bogens nicht mehr als eine halbe Minute in Anspruch nimmt, also die graphische Darstellung der Wasserstands-Curve an jedem Tage nur eine höchst geringe Lücke hat, woher man beim Zusammenstellen dieser Scalen ein vollständiges Bild der Fluthwellen gewinnt. Ich mufs bemerken, dafs auch hier noch besondere feste Pegel angebracht sind, durch deren Beobachtung und Vergleichung mit dem beschriebenen Apparate man sich leicht überzeugen kann, ob letzterer die Wasserstände richtig angiebt, oder ob vielleicht die Stellung des Stiftes einer Berichtigung bedarf. Der Stift ist ein feiner Cylinder aus Reifsblei, der aus einer entsprechenden Röhre vortritt und eine zwar nicht sehr feine, doch aber klare und leicht erkennbare Linie auszieht.

Dieselbe Einrichtung ist auch sonst, wenngleich mit manchen Modificationen zu demselben Zwecke gewählt. Namentlich ist man insofern davon abgewichen, als man das Reifsblei verworfen und dafür einen Kupferdraht gewählt hat, der in eine stumpfe Spitze ausläuft. Man erreicht dabei den Vortheil, dafs Letztere sich nicht

tat und zugleich eine viel feinere Linie beschreibt, die aber
t durch Färbung dargestellt wird, sondern sich nur in das Pa-
eindrückt. Nichts desto weniger ist auch diese bei angemes-
r Spannung der Feder leicht zu erkennen und kann durch Nach-
n mit Tusche noch klarer dargestellt und fixirt werden.

Einige andere Abänderungen sind noch bei dem im Helder auf-
llten Apparate angebracht.*) Der grofse Schwimmer ist mit
r hölzernen Latte verbunden, welche unmittelbar den jedesma-
n Wasserstand gegen einen festen Nonius ablesen läfst. An
i andern Maafsstäben daneben wird je eine Klemme erfafst, die
n den nächst vorhergegangenen höchsten und den niedrigsten
serstand anzeigt. Die Uebertragung der Bewegung des Schwim-
s auf den Block und auf den zeichnenden Stift erfolgt nicht
ch Drähte, sondern durch gezahnte Stangen. Die Uhr dreht aber
t einen Cylinder, um den das Papier geschlungen wird, sondern
iebt einen Rahmen horizontal vor, und dieser nebst dem darauf
pannten Papier hat solche Gröfse, dafs die jedesmalige Zeich-
g zwei Tage umfafst. Zur Controlirung des Apparates und na-
ntlich, um sich zu überzeugen, dafs der Schwimmer stets gleich-
sig eintaucht, ist ganz unabhängig von demselben noch ein zwei-
kupferner Schwimmer in dem Brunnen angebracht, der gleich-
s eine eingetheilte Scala trägt. Noch mufs erwähnt werden, dafs
Brunnen nicht vom Hafen Nieuwendiep aus, sondern aus dem
sdiep, oder aus dem Strome zwischen dem Helder und der In-
Texel gespeist wird, und zu diesem Zwecke eiue lange eiserne
re von 9 Zoll Durchmesser unter den Hauptdeich gelegt ist. Da
Röhre aber bei dem sehr unreinen Wasser leicht sich verstop-
kann, so mufste auf deren periodische Reinigung Rücksicht ge-
men werden. Zu diesem Zwecke ist gleich bei der Anlage eine
e hindurchgezogen, deren äufseres Ende von einer Buoye im
ne schwimmend erhalten wird, und deren anderes Ende neben
Brunnen befestigt ist. Diese Kette ist mit einem Räumer ver-
, und wenn man sie hin- und herzieht, so entfernt der letztere
erdigen Niederschlag aus der Röhre.

---

*) Beschrijving der zelfregistrerende peilschaal aan den Helder van C. Sterr, in den Verhandelingen van het koninklijk Instituut van Ingenieurs. —1852. pag. 51.

Endlich führe ich noch an, dafs man diese Apparate ı
auch in der Art verändert hat, dafs das aufgespannte Papi
vorher mit den Linien bezeichnet wird, welche sowol die H
die Zeiten angeben, und wobei leicht durch unrichtige Bef
fehlerhafte Angaben veranlafst werden könnten. Es wird ı
ein fester Stift über oder unter dem beweglichen angebra
dieser zieht eine gerade Linie in bestimmter Höhe. Die ve
Abstände beider Linien ergeben alsdann die Wasserstände,
zugehörigen Zeiten findet man leicht, wenn man jedesmal die
und Minute notirt, in welcher nach dem Aufspannen eine
Papierbogens der Apparat in Thätigkeit gesetzt und schliefsl
der ausgerückt wird.

§. 7.

Fluth und Ebbe in der Ostsee.

In die Binnenmeere, welche nur durch schmale Oe
mit dem Weltmeere verbunden sind, dringt die Fluthwe
Zweifel gleichfalls ein, indem sie aber nach ihrem Eintritt ı
ausbreitet, so nimmt ihre Höhe, oder der Fluthwechsel so
dafs er sich den gewöhnlichen Beobachtungen gemeinhin g
zieht. Das Mittelländische Meer zeigt an manchen Ste
vorzugsweise gegen das Ende des Adriatischen Meeres ein
bedeutenden Fluthwechsel, während ein solcher an andern
namentlich an der Französischen gar nicht bemerkbar sein s
ses wurde mir wenigstens von den Ingenieuren gesagt, a
Marseille, Cette und in mehreren andern Häfen mich hier
kundigte. Die bereits erwähnten Französischen Fluthtabe
zeichnen dagegen die Hafenzeiten für einige Punkte der ı
Französischen, so wie der Italienischen und Illyrischen Kü
Gröfse des Fluthwechsels wird aber nicht angegeben.

Ob in der Ostsee eine geringe Fluth statt findet, w
zweifelhaft. Bei Kiel hatte man freilich einen regelmäfsige
sel des Wasserstandes immer bemerkt. An den der Os
gekehrten Küsten der Dänischen Inseln war ein solcher g
wahrgenommen, wie Schumacher in einer Anmerkung zu
Vorlesung über Fluth und Ebbe sagt, auch war es den Lc

...äde nicht entgangen, daſs bei ruhiger Witterung der Strom ... Stunden zweimal ein- und zweimal auszugehn pflegt. Nichts ... weniger war ganz allgemein die Ansicht verbreitet, daſs die ... keine Fluthen habe, und in der That erkannte der Seemann, ... andern Meeren die groſsartigen Wirkungen dieser Erschei... gesehn, und erfahren hat, welchen wesentlichen Einfluſs die... auf den Betrieb der Schiffahrt ausübt, in dem geringfügigen ...wechsel von wenigen Zollen, der überdieſs bei jedem stär... Winde verschwindet, die Fluth und Ebbe nicht wieder.

Das lebhafte Interesse, welches Alexander von Humboldt an ... Gegenstande nahm, und seine wiederholten Anfragen, ob gar ... Spur der Fluth sich in der Ostsee nachweisen lasse, veran... mich, die in unsern Häfen bisher angestellten Wasserstands...obachtungen in dieser Beziehung zu vergleichen. Diese Beobach... reichen groſsentheils bis in das vergangene Jahrhundert zu..., da sie aber früher nicht in einer bestimmten Stunde gemacht ..., vielmehr nur den Wasserstand jedes Tages, wie er gelegent... abgelesen war, angeben, so blieben sie für diesen Zweck ganz ...bar. Erst im Jahre 1845 wurde die Vorschrift erlassen, ... der Wasserstand jedesmal Mittags um 12 Uhr beobachtet und ... die Tabelle eingetragen werden solle. Seit dieser Zeit geben die ...bellen also einen sichern Anhalt zur Entscheidung der vorliegen... Frage.

Indem der Mond von einem Tage zum andern seine Stellung ... Sonne ändert, so müssen die täglich am Mittage gemachten Beobachtungen den Einfluſs dieser verschiedenen Stellungen nach...weisen und etwa in vierzehn Tagen eine volle Periode umfassen, ... der sich die Zeit des Hoch- und Niedrigwassers entnehmen läſst. ... dieser Weise war auch bereits durch das Groſsherzoglich Meck...burgische Statistische Bureau das Vorhandensein der Fluth und ...be im Hafen von Wismar nachgewiesen.*)

Die Resultate dieser Vergleichung der täglichen Wasser...stands-Beobachtungen der Preuſsischen Häfen und zwar für ... Zeitraum von 1846 bis 1856 sind in den Abhandlungen der ...thematischen Klasse der Königl. Academie der Wissenschaften

*) Ueber die Wahrnehmbarkeit von Ebbe und Fluth in der Ostsee. Archiv ... Landeskunde. Schwerin 1856.

für 1851 veröffentlicht, und sie ergeben für einige Häfen und Lootsen-Stationen unzweifelhaft das Vorhandensein der Fluth und deren Fortschreiten von Westen nach Osten. Die Mehrzahl dieser Tabellen führten dagegen zu keinem Resultate. Gerade diese waren es aber, welche schon bei flüchtiger Durchsicht den Verdacht erweckten, dafs auf ihre Zusammenstellung wenig Sorgfalt verwendet sei. Der Lootse beobachtet den Wasserstand so genau, als es für die Zwecke der Schiffahrt nöthig ist, und auf einzelne Zolle legt er wenig Gewicht. Diese Tabellen enthielten daher grofsentheils nur Angaben in Viertel Fufsen und vielfach war derselbe Wasserstand mehrere Wochen und selbst Monate hindurch eingeschrieben. Andere Tabellen, die augenscheinlich mit mehr Sorgfalt aufgestellt waren, ergaben das auffallende Resultat, dafs mehrere Jahre hindurch mit grofser Sicherheit eine gewisse Hafenzeit sich herausstellte, die plötzlich um einige Stunden sich veränderte und eben so regelmäfsig sich dauernd wiederholte. Der Grund hiervon ist wohl ohne Zweifel darin zu suchen, dafs die Pegel bei etwaigem Personenwechsel in einer andern Stunde abgelesen wurden. Die erwähnte Vorschrift in Betreff der Beobachtungszeit wird selten in aller Strenge beachtet. Der Dienst bringt es mit sich, dafs der Wasserstand schon am frühen Morgen abgelesen werden mufs, und wenn er sich nicht sehr stark ändert, so wird diese Ablesung auch in die Tabelle eingetragen. Es ergiebt sich aber einfach, dafs die berechnete Hafenzeit um eben soviel Stunden von der richtigen abweicht, als die Ablesungen zu früh oder zu spät gemacht sind.

Unter diesen Umständen konnten nur die Resultate für diejenigen Beobachtungsorte als sicher angesehn werden, woselbst die einzelnen Jahrgänge ungefähr zu denselben Hafenzeiten führten. Dieses war der Fall:

1. auf der Pegel-Station Barhöft. Dieselbe liegt 2 Meilen nördlich von Stralsund auf der Ecke, die das Stralsunder Fahrwasser von dem Barther trennt. Die Hafenzeit daselbst fand ich 7 Uhr 27 Minuten und den mittleren Fluthwechsel 1,5 Zoll.

2. Die Lootsen-Station bei Wittower Posthaus, etwa 2 Meilen nordwestlich von der ersten, auf der südlichen Spitze der langen Halbinsel, die sich von Wittow ab an das Stralsunder Fahrwasser hinzieht. Hafenzeit 7 Uhr 37 Min., Fluthwechsel 1,3 Zoll.

3. Glowe, am nordwestlichen Ende von Jasmund auf Rügen,

...st nur während einiger Monate Beobachtungen angestellt wa-
... Hafenzeit 7 Uhr 39 Minuten. Fluthwechsel 1,4 Zoll.

...4. Für den Hafen Stolpmünde ergaben die dreijährigen Beob-
...ungen 1846 bis 1849 sehr übereinstimmend die Hafenzeit 11 Uhr
...uten und den mittleren Fluthwechsel 1,0 Zoll. Aus den fol-
...en Jahrgängen konnten keine übereinstimmende Resultate ge-
...n werden.

... Die Methode, nach welcher diese Rechnungen geführt sind,
... ich kurz angeben, da vielleicht auch anderweitig davon Ge-
...uch gemacht werden kann, um schwache Spuren von Fluth und
...be sicher zu erkennen.

Zuerst wurden die Tage des Voll- und Neumondes, so wie des
...ten und letzten Viertels bezeichnet. Jedes Zeitintervall zwischen
...ei Mondphasen wurde alsdann in sieben gleiche Theile getheilt
...d für jeden der sechs zwischen liegenden Theile durch Interpola-
...n der entsprechende Wasserstand ermittelt, wenn nicht gerade der
...ll- oder Neumond um sieben Tage von dem Viertel entfernt war.
...nächst trug ich diese Wasserstände in eine Tabelle ein, die vier-
...n Spalten enthielt. In die erste Spalte wurde der Wasserstand
... Tage des Vollmondes oder des Neumondes, in die achte der am
...ge des ersten und letzten Viertels und in die übrigen die der
...ischen liegenden Tage, unverändert oder eventuell nach der er-
...hnten Interpolation, eingeschrieben.

Die für jeden Jahrgang aus den einzelnen Spalten gezogenen
...mmen wurden demnächst als Ordinaten der Curve, die wie oben
...zeigt worden, eine Sinuslinie ist, behandelt, und es kam darauf
..., die Zeit, oder die Abscisse des obern Scheitelpunktes und die
...fferenz der Ordinaten der obern und untern Scheitel zu bestim-
...en. Hierbei mufste aber augenscheinlich diejenige Sinuslinie er-
...ttelt werden, welche sich den 14 gegebenen Ordinaten am vor-
...ilhaftesten anschliefst. Die Achse dieser Sinuslinie liefs sich leicht
...den, da eine einfache Betrachtung ergab, dafs der wahrschein-
...bste Werth ihrer Höhe durch das arithmetische Mittel aus allen
...dinaten gegeben ist. Hiernach konnten die Ordinaten leicht auf
...se Achse reducirt werden.

Wird nun der obere Scheitel der Sinuslinie als Anfangspunkt
...r Abscissen angesehn, so ist die Gleichung der Curve

$$y = b \,.\, \mathrm{Cos}\, x$$

b bezeichnet hier den Abstand des obern und untern Scheitels der Curve von der Achse, also die Hälfte des gesuchten mittleren Fluthwechsels. y ist die Ordinate, welche für jeden Theilpunkt aus der erwähnten tabellarischen Zusammenstellung der Beobachtungen zu entnehmen ist, und endlich ist x die zugehörige Abscisse, deren Anfangspunkt jedoch durch das Loth gegeben wird, welches von dem gesuchten obern Scheitel auf die Achse fällt. Die ganze Länge der Achse für die volle Sinuslinie ist gleich 2π, und indem sie in 14 Theile getheilt wird, so mifst jeder derselben $25° \; 42', 87$. Diese Einheit, welche ich c nenne, ist den 14 Ordinaten entsprechend mit 0, 1, 2, 3 u. s. w. bis mit 13 (im Allgemeinen mit n) zu multipliciren, um die Abscissen darzustellen, welche von dem Voll- und Neumonde ab gezählt werden. Setze ich endlich die noch unbekannte Abscisse des obern Scheitels der Sinuslinie und zwar unter Beibehaltung desselben Anfangspunktes und gleichfalls in Graden und Minuten ausgedrückt gleich u, so wird

$$x = nc - u$$

und

$$y = \text{Cos}\, nc \,.\, b \,\text{Cos}\, u + \text{Sin}\, nc \,.\, b \,\text{Sin}\, u$$

Indem die 14 Zahlenwerthe, welche die Tabelle für y ergiebt, und aufserdem die Sinus und Cosinus der bekannten Winkel nc eingeführt werden, so erhält man 14 Gleichungen, in welchen zwei Unbekannte, nämlich b Sin u und b Cos u vorkommen. Es handelt sich also darum, die wahrscheinlichsten Werthe der letzteren zu finden, und hierbei tritt die wesentliche Erleichterung ein, dafs die Summen der Producte oder der Quadrate der trigonometrischen Functionen der Winkel nc, welche sich gleichmäfsig über den ganzen Kreis vertheilen, entweder gleich Null oder gleich 7 werden. Wenn man nämlich durch das Zeichen Σ diese Summen ausdrückt, so ist für die obigen Winkel

$$\Sigma (\text{Sin}\, nc \,.\, \text{Cos}\, nc) = 0$$
$$\Sigma (\text{Sin}\, nc \,.\, \text{Sin}\, nc) = 7$$
$$\Sigma (\text{Cos}\, nc \,.\, \text{Cos}\, nc) = 7$$

Führt man diese Werthe in die Ausdrücke ein, welche nach der Methode der kleinsten Quadrate für die beiden Unbekannten sich ergeben, so fällt im Zähler und Nenner jedesmal ein Glied fort, und aufserdem hebt sich der Nenner gegen einen Factor des Zählers, auf so dafs man die sehr einfachen Formeln erhält

$$b \,\mathrm{Sin}\, u = \tfrac{1}{7}\,\Sigma(y\,\mathrm{Sin}\, nc)$$
$$b \,\mathrm{Cos}\, u = \tfrac{1}{7}\,\Sigma(y\,\mathrm{Cos}\, nc)$$
$$tgt\, u = \frac{\Sigma(y\,\mathrm{Sin}\, nc)}{\Sigma(y\,\mathrm{Cos}\, nc)};$$

seiner Natur nach immer positiv, die Zeichen der Werthe von $b\,\mathrm{Sin}\,u$ und $b\,\mathrm{Cos}\,u$ lassen daher leicht erkennen, in welchen Quadranten der Winkel u fällt.

u ist in dem so gefundenen Resultate als Winkel, also in Graden und Minuten ausgedrückt, und es kommt darauf an, hieraus die Anzahl von Stunden zu finden, die zwischen der Zeit des Hochwassers und der Culmination des Mondes liegen. Indem die Länge der Achse der vollen Sinuslinie, die hier in 14 gleiche Theile getheilt war, die halbe Umlaufszeit des Mondes um die Erde bezeichnet, und während derselben der Eintritt des Hochwassers nach und nach genau um 12 Stunden sich verspätet, so entspricht jeder einzelne Theil einer Verspätung von $\frac{12}{14}$ Stunden. Da aber diese Länge der Achse einen vollen Kreis darstellt, so mifst jeder Theil derselben $\frac{360}{14}$ Grade. Hieraus ergiebt sich die gesuchte Hafenzeit in Stunden gleich

$$12 - \frac{12}{14}\cdot\frac{14}{360}\cdot u = 12 - \frac{1}{30}\cdot u$$

Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs die Minuten in dem Werthe des Winkels u vor der Einführung desselben in vorstehende Formel in Theile des Grades verwandelt werden müssen.

Ueber die Ausführung der Rechnung und über die daraus hergeleiteten Resultate ist noch Einiges zu erwähnen. Der Rechnung liegt die Voraussetzung zum Grunde, dafs die Achse der Sinuslinie horizontal ist, d. h. dafs während einer Beobachtungsperiode das Wasser unabhängig von Fluth und Ebbe weder steigt noch fällt. Dieses ist nur selten der Fall, um aber durch gar zu abweichende Wasserstände das Resultat nicht zu entstellen, so schlofs ich alle diejenigen Reihen aus, in welchen die erste Beobachtung von der letzten um mehr als 3 Zoll abwich, so wie auch alle diejenigen, in welchen von einem Tage zum andern das Wasser um mehr als 3 Zoll gestiegen oder gefallen war. Hierzu kommt noch, dafs alle Messungen ausgeschlossen werden mufsten, wo der Wasserstand

wegen besonders hohen Seeganges oder wegen des Eises nicht sicher beobachtet werden konnte. Hiernach reducirte sich die Anzahl der Beobachtungsreihen für den Jahrgang auf 7 bis 10. Dieses liefs sich nicht vermeiden, da augenscheinlich einzelne Reihen, die besonders starke Aenderungen angaben, einen überwiegenden Einflufs auf das Resultat gehabt haben würden. Mit Rücksicht hierauf und auf die oben angegebene Unsicherheit in Betreff der Beobachtungszeit kann es nicht befremden, dafs selbst die eilfjährigen Messungen für die meisten Häfen noch zu keinem Resultate führten.

Die Gröfse *b* oder der mittlere halbe Fluthwechsel drückt keineswegs das arithmetische Mittel dieser Gröfsen aus, wie solche sich aus den einzelnen Beobachtungsreihen herausstellen würde, sondern bleibt immer unter demselben. Der Grund davon ist leicht einzusehn. Die einzelnen Reihen stellen nämlich keineswegs übereinstimmende Sinuslinien dar, vielmehr liegt der obere Scheitel der einen an ganz andrer Stelle, als der der andern. Aufserdem hebt oder senkt eine dauernde Veränderung des Wasserstandes auch die beiden Enden der meisten dieser Curven. Die gesuchte mittlere Curve, welche sich allen einzelnen am besten anschliefsen soll, ist daher viel flacher gekrümmt, als die einzelnen es sind, oder *b* wird bedeutend kleiner gefunden, als das Mittel aus den halben Fluthwechseln in den einzelnen Beobachtungsreihen.

Es darf kaum erwähnt werden, dafs diese Beobachtungen den Unterschied zwischen Springfluthen und todten Fluthen gar nicht erkennen lassen, weil jede Reihe in gleicher Weise alle verschiedenen Fluthen umfafst und sich aus ihnen zusammensetzt. An den Tagen des Voll- und Neumondes giebt sie, wenn um 12 Uhr Mittags die Wasserstände gemessen werden, das Hochwasser, an den Tagen des ersten und letzten Viertels das Niedrigwasser an. Die gefundene Curve zieht sich also durch das Hochwasser der Springfluthen und das Niedrigwasser der todten Fluthen, woher sie auch den mittleren Wasserstand der See nicht erkennen läfst.

Indem hierzu noch kommt, dafs in den langen Perioden von 14 Tagen nur selten die Witterung beständig bleibt, und überdiefs etwas Unnatürliches darin liegt, eine Untersuchung über Fluth und Ebbe anzustellen, ohne sich zu überzeugen, ob der Wasserstand im Laufe eines Tages wirklich zweimal sich hebt und zweimal sich

…t, so schien es dringend nothwendig, die Beobachtungen bei …iger Witterung von Stunde zu Stunde wiederholen zu …en.

Dieses ist in den Jahren 1857 und 1858 in den sämmtlichen …ischen Häfen und auf den kleineren Lootsen-Stationen geschehn, …d wenn auch auf einigen der letzteren die Anzahl der Beobach…reihen, die eine volle Fluthperiode umfassen, zu geringe blieb, …s dafs man ein sicheres Resultat daraus hätte herleiten können, so …llten dennoch diese Beobachtungen das regelmäfsige Fortschreiten …r Fluthwelle in der Ostsee viel überzeugender dar, als jene täg…hen Beobachtungen. Aufserdem boten sie Gelegenheit, auch das …rhalten der Springfluthen und der todten Fluthen, so wie manche …genthümlichkeiten der Ostsee-Fluthen zu erkennen. In dieser Be…hung waren besonders wichtig die in Travemünde, dem Hafen …n Lübeck, angestellten Beobachtungen, die nahe drei Jahrgänge …fafsten und an jedem Tage von Morgen bis Abend stündlich ge…cht sind. Sie liefsen die Einzelnheiten der Erscheinung viel deut…ber wahrnehmen, als die Messungen an der Preufsischen Küste, …ofern die Fluthwelle bei Travemünde eine bedeutend gröfsere …he hat, als weiter östlich.

Es gab sich indessen bald zu erkennen, dafs namentlich bei …haltend warmer Witterung aufser den von der Fluth herrühren…n Schwankungen des Wasserstandes, derselbe noch von den re…lmäfsig umsetzenden Land- und Seewinden abhängt. Oft bemerkt …n, dafs drei und mehr Tage hintereinander in den Sommermo…ten das Wasser während des Tages mehrere Zolle fällt, und wäh…d der Nacht wieder um eben so viel steigt. Beispielsweise stand … 1. Juli 1858 zwischen 7 und 9 Uhr Morgens bei frischem Süd…st-Winde das Wasser bei Memel auf 2 Fufs 1 Zoll. Indem der …ind hierauf nachliefs und gegen Abend nach Osten umging, so … das Wasser bis 8 Uhr Abends bis auf 1 Fufs 6 Zoll herab. An …iden folgenden Tagen wiederholte sich sehr genau dieselbe Ver…derung des Windes. Vom frühen Morgen bis einige Stunden nach …ttag war der Wind westlich und so stark, dafs er zeitweise als …isch bezeichnet ist. Abends wurde er dagegen sehr schwach, …d ging nach Osten über. Am 2. Juli stand das Wasser zwischen … und 10 Uhr Morgens auf 1 Fufs 10 Zoll, und fiel bis 8 Uhr Abends

auf 1 Fufs 7 Zoll. Am 3. Juli stand es von 5 bis 9 Uhr Morgens [illegible] der auf 1 Fufs 10¼ Zoll, während es um 5 Uhr Abends auf 1 [illegible] 6½ Zoll herabsank.

Wenn man diese und alle ähnlichen Beobachtungen nach [illegible] Fluthperioden zusammenstellt, so sind die beiden Reihen, die [illegible] demselben Tage gehören, wesentlich von einander verschieden. [illegible] daher während der Nacht keine Messungen angestellt sind, so [illegible] die Ausgleichung der sehr grofsen von Fluth und Ebbe unab[illegible] gen Schwankungen, und man müfste aus den nur während des [illegible] ges angestellten Beobachtungen den regelmäfsig wiederkehr[illegible] starken Wechsel des Wasserstandes als Wirkung der Fluth [illegible] Ebbe in Rechnung stellen, was er doch nicht ist. Es leuchtet [illegible] dafs man in diesem Falle, namentlich bei einer beschränkten An[illegible] von Beobachtungsreihen leicht zu einem sehr unrichtigen Resul[illegible] gelangen würde.

Es rechtfertigt sich hiernach, dafs, soweit es geschehn kon[illegible] auch während der Nacht die Beobachtungen fortgesetzt sind. [illegible] den bedeutendsten Häfen bot dieses keine Schwierigkeit, weil [illegible] Lootsenwache fortwährend besetzt bleibt, in den kleineren Häf[illegible] und auf den isolirten Lootsen-Stationen konnte es dagegen nur au[illegible] nahmsweise geschehn und mufste zum Theil ganz unterbleiben.

Die Anstellung der stündlichen Beobachtungen wurde wesent- lich dadurch erleichtert, dafs die Lootsen-Commandeure vielfach eine auffallende Theilnahme dafür zeigten, und mit lebhaftem Interesse die schwachen Spuren von Fluth und Ebbe in ihren Häfen verfolgten. Namentlich in Swinemünde und Memel sind diese Beobachtungen nur bei stark bewegter See und beim Froste unterbrochen: sonst setzten sie sich regelmäfsig Wochen und selbst Monate hindurch von Stunde zu Stunde fort. Von denselben konnten freilich sehr viele nicht benutzt werden, denn zunächst fielen diejenigen von selbst aus, die keine volle Fluthperiode umfafsten. In dieser Beziehung gestattete ich mir, und namentlich für solche Stationen, wo nur wenige Messungen angestellt waren, die Ausnahme, dafs wenn die erste oder die letzte Beobachtung in einer Periode fehlte, ich diese aus den beiden nächstliegenden interpolirte. Demnächst sind aber auch alle diejenigen Reihen ausgeschlossen, in welchen die Differenz zwischen der ersten und letzten Beobachtung mehr als 4¼ Zoll beträgt. Es blieben nach dieser Ausscheidung im Ganzen noch

500 Beobachtungsreihen übrig, welche den Rechnungen zum
gelegt werden konnten.
se Rechnungen stimmten wesentlich mit den für die tägli-
eobachtungen ausgeführten überein. Um jedoch möglichst
Resultate zu erhalten, suchte ich theils aus den einzelnen
tungsreihen, und theils aus den Zusammenstellungen dersel-
h den Einfluſs zu beseitigen, welchen das von Fluth und Ebbe
gige Steigen oder Fallen des Wassers auf das Resultat aus-
dem nämlich die Wasserstände jeder Fluthperiode wieder
inaten einer Sinuslinie sind, deren Achse aber, wenn das
im Allgemeinen steigt oder fällt, nicht horizontal ist, so
h, nachdem die Ordinaten gezeichnet und der Durchschnitts-
r mittleren Ordinate mit der Achse bestimmt war, letztere
daſs die Curve sich anscheinend am vortheilhaftesten einer
e anschloſs. Man könnte freilich die Neigung der Achse
dritte Unbekannte einführen und ihren wahrscheinlichsten
anz methodisch bestimmen. Die Rechnung erschwerte
irch aber in so hohem Grade, daſs ich bei der mehr als
ichen Wiederholung derselben mich hierzu nicht entschlie-
hte.
ichst bezeichnete ich in den Wasserstands-Beobachtungen die
er obern oder untern Culmination des Mondes, d. h. die
nde, welche der im Berliner astronomischen Jahrbuche an-
i Culminations-Zeit am nächsten liegt. Diese Bestim-
r durchaus genügend, da die aus dem Längen-Unter-
gegen Berlin herrührende Differenz im Stande des Mon-
i die Sonne im äuſsersten Falle nur eine halbe Zeitminute

nn trug ich die Beobachtungen in eine Tabelle ein, die
n hatte. In die erste wurde der Wasserstand 6 Stunden
Culmination, in die zweite 5 Stunden vor und so fort bis
i nach der Culmination eingetragen. Hierbei erlaubte ich
wenn am Anfange oder am Ende einige Beobachtungen
iejenige, die 7 Stunden nach der Culmination gemacht war,
te Spalte einzutragen oder umgekehrt. Namentlich sah ich
zu oft gezwungen, wenn die Messungen während der Nacht
ien waren.
den Zahlen in jeder Spalte wurden nunmehr die arithme-

tischen Mittel genommen, und dieses waren die Ordinaten der zu bestimmenden Sinuslinie. Die Zwischenzeit von einer Culmination des Mondes bis zur nächsten beträgt durchschnittlich 12 St. 25′ 14″,2 oder 12,4206 Stunden. Die beiden äufsern Ordinaten gehören daher zusammen zu 1,4206 Stunden, während jede andere 1 Stunde darstellt. Um demnach die Höhe der Achse der Sinuslinie zu finden, mufs die Summe der beiden äufsern mit 0,7103 multiplicirt, und nachdem dieses Product zu den Werthen der übrigen addirt ist, die ganze Summe durch 12,4206 dividirt oder mit 0,0805 multiplicirt werden. Dieser Werth stellt aber auch, wenn eine Neigung der Achse angenommen wird, die Höhe des Durchschnittspunktes der Achse mit der Ordinate dar, welche in die Stunde der Culmination des Mondes fällt.

Nachdem die Ordinaten auf die Achse reducirt sind, haben sie theils das positive und theils das negative Zeichen: ich nenne dieselben y. x bezeichne wieder die zugehörigen Abscissen, die vom obern Scheitelpunkte, also von der Zeit des Hochwassers ab gemessen werden, und b ist der Abstand des obern und untern Scheitels von der Achse. Alsdann ist

$$y = b \operatorname{Cos} x$$

Wenn man nun, übereinstimmend mit den Beobachtungen, die Abscissen von der Stunde der Culmination des Mondes, oder von der mittleren Ordinate ab zählt, so ist

$$x = u + nc$$

u ist die Abscisse, die zum obern Scheitel der Sinuslinie gehört, und von der angenommen wird, dafs sie negativ ist, oder dafs das Hochwasser vor der Culmination des Mondes eintritt. n ist die Anzahl der Stunden, um welche die Beobachtung vor oder nach der Culmination gemacht ist, und c die Abscisse, welche einer Stunde entspricht.

$$c = \frac{2\pi}{12,4206} = 28^\circ\, 59'\, 2'',8$$

Indem man für n die ganzen Zahlen von -6 bis $+6$ schreibt, so erhält man die dreizehn Winkel, deren Functionen bei jeder einzelnen Rechnung den Zahlen in den 13 Spalten entsprechend sich wiederholen.

$$y = b \operatorname{Cos}(u + nc)$$
$$= \operatorname{Cos} nc \, . \, b \operatorname{Cos} u - \operatorname{Sin} nc \, . \, b \operatorname{Sin} u$$

Bekannt sind in diesem Ausdrucke y, Cos nc und Sin nc. Die beiden Unbekannten b Cos u und b Sin u findet man nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$b \operatorname{Sin} u = -\frac{\Sigma (y \operatorname{Sin} nc)}{\Sigma (\operatorname{Sin} nc \, . \, \operatorname{Sin} nc)}$$

und

$$b \operatorname{Cos} u = \frac{\Sigma (y \operatorname{Cos} nc)}{\Sigma (\operatorname{Cos} nc \, . \, \operatorname{Cos} nc)}$$

Aus den vorstehend angegebenen Winkeln findet man aber

$$\log \Sigma (\operatorname{Sin} nc \, . \, \operatorname{Sin} nc) = 0{,}79252$$

und

$$\log \Sigma (\operatorname{Cos} nc \, . \, \operatorname{Cos} nc) = 0{,}83233$$

Die Rechnung wird hiernach überaus leicht. Man schlägt ein für allemal die Logarithmen von Sin nc und Cos nc auf, schreibt die dreizehn Werthe derselben auf ein Blättchen, das sich den Spalten der Tabelle anschliefst, und summirt sie zu den Logarithmen von y. Die Rechnung darf nicht genauer, als mit drei Decimalstellen gemacht werden. Zieht man nun log b Cos u von log b Sin u ab, so erhält man die Tangente von u in Graden und Minuten, es ist aber vortheilhaft, u nur in Graden und Decimaltheilen derselben auszudrücken. Da b jederzeit negativ ist, so ergiebt sich aus den Zeichen der trigonometrischen Functionen leicht, in welchen Quadrant u fällt. Der Werth von b läfst sich, indem man Sin u und Cos u abzieht, aus beiden Ausdrücken finden.

Indem nun die Länge der ganzen Achse gleich

$$360^\circ = 12{,}4206 \text{ Stunden}$$

ist, so darf man die gefundene Anzahl von Graden nur mit 0,0345 multipliciren, um u in Stunden auszudrücken. Ist u positiv, so tritt das Hochwasser vor der Culmination des Mondes ein, bei negativem u dagegen nach derselben. Im letzten Falle bezeichnet u unmittelbar die Hafenzeit, indem am Tage des Voll- und Neumondes die Sonne und der Mond nahe zu gleicher Zeit culminiren, im ersten Falle mufs man dagegen die gefundene Stundenzahl von 12

abziehn. Im Folgenden ist jedesmal die Zeit desjenigen Hochwassers berechnet, welches der Culmination des Mondes am nächsten liegt, oder für welches *u* kleiner als 180 Grade ist.

Indem ich in dieser Weise die Beobachtungen berechnete, so überzeugte ich mich bald, dafs die Hafenzeiten für denselben Ort sehr verschieden ausfielen, je nachdem die zum Grunde gelegten Beobachtungsreihen mehr oder weniger Springfluthen oder todte Fluthen umfafsten. In dieser Beziehung mufste also jedenfalls eine Sonderung eingeführt werden. Nichts desto weniger blieben noch immer, und zwar nicht nur in der Bestimmung von *b*, sondern auch in der von *u* sehr bedeutende Differenzen. Eine fernere Trennung der Beobachtungsreihen nach den Monaten führte keine gröfsere Uebereinstimmung herbei, es ergab sich also, dafs die Fluthwelle im Sommer, oder im wärmeren Wasser, eben so schnell, wie im Winter fortschreitet. Dagegen zeigte es sich deutlich, dafs die Richtung und Stärke des Windes einen wesentlichen Einflufs auf die Zeit des Hochwassers ausübt. Westliche Winde beschleunigen die Fluthwelle in der Ostsee, während östliche sie verzögern. Namentlich in den vom Sunde und den Belten weit entfernten Häfen ist die Einwirkung des Windes sehr grofs. So traten bei anhaltendem Westwinde die Springfluthen zwischen dem 26. und 29. Juni 1858 in Memel um zwei Stunden früher ein, als sonst geschieht, und viele Beobachtungsreihen sind vollständig umgekehrt, indem das Hochwasser in eine Zeit fällt, wo die übrigen Beobachtungen Niedrigwasser ergeben. Man darf deshalb nicht hoffen, aus wenigen Beobachtungsreihen die Zeit des Hochwassers sicher zu bestimmen. Es mufs aber wieder darauf aufmerksam gemacht werden, dafs die Abweichung der einzelnen Beobachtungsreihen in dieser Beziehung auch einen wesentlichen Einflufs auf den Werth von *b*, oder auf die Gröfse des halben Fluthwechsels hat. *b* wird nämlich immer um so kleiner, je weniger die Zeiten des Hochwassers mit einander übereinstimmen. Nach einzelnen Reihen ist der Fluthwechsel oft doppelt so grofs, als er sich für diejenige Sinuslinie herausstellt, welche der Summe mehrerer Reihen am besten entspricht.

Die Unbekannte *u* in Stunden ausgedrückt, kann man nicht mehr Hafenzeit nennen, sobald sie für Springfluthen und andere Fluthen verschiedene Werthe annimmt, wie an den Ostseeküsten un-

zweifelhaft der Fall ist. Sie bezeichnet den Zeit-Unterschied zwischen der Culmination des Mondes und dem Eintritt des Hochwassers. Ich nenne sie in der folgenden Zusammenstellung T, und zwar bedeutet das davor stehende positive Zeichen, dafs das Hochwasser nach der Culmination, das negative aber, dafs dasselbe vor der Culmination erfolgte. Um eine Vergleichung der verschiedenen Werthe von T unabhängig von der aus dem Längen-Unterschiede der Beobachtungsorte entspringenden Zeit-Differenz anstellen zu können, ist noch die Reduction auf Berliner Zeit beigefügt. T' bezeichnet nämlich die Stundenzahl, um welche das Hochwasser nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian der Berliner Sternwarte eintritt.

Die nachstehenden Beobachtungsorte sind grofsentheils die bekannten Seehäfen. Die Lage der Station Glowe auf Rügen ist schon oben bezeichnet. Thiessow ist die Lootsen-Station auf der südöstlichen Spitze der Halbinsel Mönchgut auf Rügen, und West-Dievenow endlich die Lootsen-Station am Ausflufs der Dievenow ohnfern Cammin.

Die Classification der Fluthen ist in der Art geschehn, dafs die sieben Fluthen, welche dem Voll- und Neumonde zunächst folgen, Springfluthen, die sieben ersten Fluthen nach dem ersten und letzten Viertel todte Fluthen und alle übrige mittlere Fluthen genannt sind.

Beobachtungsort	Anzahl der Beob.Reih.	T	T'	b
I. Springfluthen.				
Travemünde	134	— 6,32	— 6,15	2,19 Zoll
Glowe	5	— 3,72	— 3,72	0,40 -
Thiessow	5	— 2,08	— 2,08	1,25 -
Swinemünde	122	— 1,60	— 1,66	0,56 -
West-Dievenow	5	— 0,96	— 1,05	1,02 -
Colbergermünde	19	— 0,06	— 0,21	0,40 -
Rügenwaldermünde . . .	16	+ 0,01	— 0,19	0,47 -
Neufahrwasser	5	+ 2,66	+ 2,31	0,37 -
Pillau	9	— 0,58	— 1,02	0,32 -
Memel	96	+ 0,82	+ 0,31	0,24 -

Beobachtungsort.	Anzahl der Beob.Reih.	T	T'	b
II. Mittlere Fluthen.				
Travemünde	277	— 5,73	— 5,56	1,88 Zoll
Glowe	18	— 4,13	— 4,13	0,24 -
Thiessow	3	— 3,02	— 3,02	0,74 -
Swinemünde	134	— 0,91	— 0,97	0,22 -
West-Dievenow	21	— 0,40	— 0,49	0,43 -
Colbergermünde	55	+ 0,24	+ 0,10	0,42 -
Rügenwaldermünde . . .	82	+ 0,14	— 0,06	0,24 -
Neufahrwasser	29	+ 2,41	+ 2,06	0,23 -
Pillau	31	— 0,46	— 0,89	0,21 -
Memel	155	+ 1,67	+ 1,15	0,16 -
III. Todte Fluthen.				
Travemünde	133	— 5,32	— 5,15	1,85 Zoll
Thiessow	3	— 1,26	— 1,26	0,42 -
Swinemünde	72	— 0,66	— 0,69	0,48 -
West-Dievenow	6	+ 1,66	+ 1,57	0,26 -
Colbergermünde	11	+ 2,48	+ 2,34	0,55 -
Rügenwaldermünde . . .	9	+ 1,93	+ 1,73	0,28 -
Stolpmünde	4	+ 3,82	+ 3,59	0,16 -
Neufahrwasser	7	+ 3,98	+ 3,62	0,29 -
Pillau	15	+ 2,58	+ 2,15	0,26 -
Memel	81	+ 4,72	+ 4,21	0,12 -

Wenn in dieser Zusammenstellung sich auch vielfache Unregelmäſsigkeiten und zwar eben so wohl in den Werthen von *T*, wie von *b* ergeben, so zeigt sich dennoch im Allgemeinen ganz unverkennbar, daſs die Fluthwelle von Westen nach Osten die Ostsee durchläuft und während ihres Laufes nach und nach an Höhe verliert. Die erheblichste Anomalie giebt sich bei Neufahrwasser zu erkennen, woselbst das Hochwasser später als in Pillau und mit Ausschluſs der todten Fluthen selbst später als in Memel eintritt. Der Grund hiervon ist wohl allein in der starken Krümmung des Weges zu suchen, den die Fluthwelle machen muſs, um die Halbinsel Hela zu umkreisen und nach Neufahrwasser zu gelangen. In ähnlicher Weise kommt auch die Fluthwelle, indem sie durch den

Grofsen Belt in die Ostsee tritt, etwa eine Stunde früher nach Wismar, als nach Travemünde.

Setzt man voraus, dafs jede Fluthwelle im offenen Meere, und so lange sie dieselbe Richtung verfolgt, sich mit constanter Geschwindigkeit bewegt, so müfsten die Zeiten des Hochwassers den Längen der Wege entsprechen. Ich versuche hiernach, aus den beobachteten Zeiten deren wahrscheinlichste Werthe, und zugleich die Geschwindigkeiten der verschiedenen Fluthwellen zu berechnen. Indem alle Wellen, welche die Preufsischen Beobachtungs-Stationen treffen, zwischen Rügen und der Schwedischen Küste hindurchgehn müssen, so habe ich die Länge der verschiedenen Wege von dem Meridiane von Arcona ab gemessen. Neufahrwasser mufste hierbei aus dem bereits angegebenen Grunde ganz unberücksichtigt bleiben. Bei der überwiegend grofsen Anzahl von Beobachtungen, die in Swinemünde und Memel angestellt sind, mufste aber den für diese Orte gefundenen Zeiten ein viel gröfseres Gewicht, als den übrigen, beigelegt werden. Ich gab ihnen das dreifache Gewicht.

Hieraus ergeben sich folgende Geschwindigkeiten der Fluthwellen:

1) bei Springfluthen 28,3 Deutsche Meilen in der Stunde mit dem wahrscheinlichen Fehler von 4,9 Meilen,

2) bei mittleren Fluthen 21,7 Meilen mit dem wahrscheinlichen Fehler von 5,6 Meilen und

3) bei todten Fluthen 14,1 Meilen mit dem wahrscheinlichen Fehler von 7,2 Meilen.

Die Unsicherheit der Bestimmung wird sonach um so gröfser, je schwächer die Welle ist. Dieses ist auch sehr erklärlich, weil die Winde alsdann einen viel stärkeren Einflufs darauf ausüben.

Unter Voraussetzung dieser Geschwindigkeiten liefsen sich auch die wahrscheinlichsten Werthe für T berechnen: die nachstehende Tabelle giebt an, um wieviel Stunden und Minuten das Hochwasser früher oder später eintritt, als der Mond durch den Meridian des betreffenden Ortes geht.

	bei Springfluthen.		bei mittl. Fluthen.		bei todten Fluthen.	
Thiessow . . .	1 St. 53 Min.	früher.	1 St. 48 Min.	früher.	0 St. 12 Min.	früher.
Swinemünde . .	1 - 35 -	-	1 - 25 -	-	0 - 20 -	später.
West-Dievenow .	1 - 31 -	-	1 - 20 -	-	0 - 26 -	-
Colbergermünde .	1 - 17 -	-	1 - 4 -	-	0 - 52 -	-
Rügenwaldermünde	1 - 1 -	-	0 - 43 -	-	1 - 21 -	-
Stolpmünde . .	0 - 51 -	-	0 - 30 -	-	1 - 40 -	-
Pillau	0 - 13 -	später.	0 - 56 -	später.	3 - 46 -	-
Memel	0 - 50 -	-	1 - 37 -	-	4 - 46 -	-

Aus der Vergleichung mit den obigen Zeiten ergeben sich die wahrscheinlichen Fehler dieser Resultate:

für Springfluthen 32 Minuten,
für mittlere Fluthen 44 Minuten,
für todte Fluthen 49 Minuten.

Eine besondere Betrachtung verdient die Verschiedenheit der Zeiten, in welchen vergleichungsweise zur Culmination des Mondes die Springfluthen und die todten Fluthen eintreten. Im Atlantischen Ocean, so wie auch in der Nordsee findet ein Unterschied in der Geschwindigkeit der verschiedenen Fluthwellen nicht statt. Sie werden zwar durch starke Winde beschleunigt, oder zurückgehalten, doch sind diese Abweichungen ohne Vergleich viel geringer, als diejenigen, welche sich aus der obigen Zusammenstellung ergeben und für Memel sogar nahe 4 Stunden betragen.

Aus den Englischen und Französischen Fluthtabellen, die nach vieljährigen Beobachtungen für eine grofse Anzahl Häfen zusammengestellt sind, ergiebt sich, dafs die Welle der todten Fluth von einem dieser Häfen bis zum andern, so lange sie im offenen Meere bleibt, eben so schnell läuft, als die der Springfluth. Ich stellte namentlich die Vergleichung zwischen Brest und Sunderland an, wozwischen der Weg, der sich um den Norden von Schottland herumzieht, über 300 Deutsche Meilen lang ist. Es ergab sich dabei aber gar keine Abweichung in der Differenz der Fluthzeiten bei verschiedenen Mondphasen. Die allgemein übliche Methode, die Zeit des Hochwassers für die Zwischenorte dadurch zu bestimmen, dafs eine gewisse Anzahl von Minuten zu den Hafenzeiten der Hauptorte hinzugefügt oder davon abgezogen wird, würde auch unrichtige Resultate geben, wenn die Fluthwelle bald schneller und bald langsamer sich bewegen sollte. Die in der Ostsee eintretende Erschei-

ng ist daher eigenthümlich und läfst sich nur durch die überaus
inge Höhe der Fluthwelle erklären, deren Bewegung um so leich-
verzögert wird, je weniger sie ausgebildet ist.

In den untern Stromtheilen, in welche noch hohe Fluthen ein-
ten, hat man indessen das langsamere Fortschreiten der Welle
todten Fluth schon vielfach bemerkt. Scott Russel spricht von
ser Verzögerung als von einer bekannten Thatsache. Auch die
rgleichung der in Hamburg und Cuxhaven angestellten Beobach-
ngen ergiebt, dafs die Springfluth diesen 14 Meilen langen Weg
rchschnittlich in 4 Stunden 32 Minuten zurücklegt, während die
ite Fluth dazu 4 Stunden 58 Minuten gebraucht. Die Erschei-
ng ist zwar in sofern eine andre, als der entgegen tretende Ebbe-
om in beiden Fällen aufgehoben und zurückgedrängt werden mufs,
s der höheren Welle der Springfluth leichter gelingt, als der der
iten Fluth. Nichts desto weniger ist eine gewisse Analogie doch
ht zu verkennen.

Die Beobachtungen von Travemünde, welche, wie bereits er-
ähnt, einen recht merklichen Fluthwechsel zeigen, boten noch die
hr erwünschte Gelegenheit, zu untersuchen, welche Fluth die höchste
ler welche die eigentliche Springfluth ist. Durchschnittlich zeigte
ch bei der vierten Fluth nach Voll- und Neumond die gröfste Dif-
renz zwischen Hoch- und Niedrigwasser. Diese betrug meist 9
is 10 Zoll. Man darf hieraus schliefsen, dafs die Fluthwelle etwa
2 Stunden gebraucht, um den sehr unregelmäfsigen und vielfach ge-
rümmten Weg durch das Cattegat und den Grofsen Belt zurück-
ulegen.

Schliefslich ist in Betreff der Fluth und Ebbe in der Ostsee
och zu erwähnen, dafs dadurch in ähnlicher Weise wie an den
grofsen Meeren hin und wieder auch abwechselnde Strömungen ver-
nlafst werden. Sehr auffallend sind dieselben bei Travemünde, wo
ei ruhiger Witterung der Strom während vier und zwanzig Stun-
en zweimal ein- und zweimal auszugehn pflegt. In den Preufsi-
chen Häfen stellt sich diese Erscheinung nirgend deutlich dar, ob-
wohl die wechselnden Strömungen allerdings auch zum Theil durch
ie Fluth bedingt zu sein scheinen. Nur bei Thiessow, wo der
'luthwechsel besonders grofs ist, geht nach den daselbst gemachten
Beobachtungen zur Zeit der Springfluthen der Strom in den Greifs-
walder Bodden ein und aus, je nachdem Fluth oder Ebbe statt findet.

Es ergiebt sich hieraus, dafs ohnerachtet der sehr beschränkten Maafse, welche die Erscheinung in der Ostsee annimmt, denn die Schiffahrt unter Umständen, und namentlich bei sehr ruhiger Witterung vielleicht einigen Nutzen davon ziehn könnte.

§. 8.

Fluth und Ebbe in den Strom-Mündungen.

In den Mündungen grofser Ströme, durch welche bedeutende Wassermassen aus dem Binnenlande abgeführt werden, gestalten sich die Erscheinungen der Fluth oft so eigenthümlich, dafs sie schon aus diesem Grunde nicht mit Stillschweigen übergangen werden dürfen. Sie gewinnen aber um so mehr Bedeutung, als sie auf die Schiffahrt überwiegenden Einflufs haben. Die meisten Seehäfen liegen an Strom-Mündungen, weil die aus- und eintretenden Wassermassen hier schon von selbst tiefere Rillen zu bilden pflegen, welche oft sogar natürliche Häfen sind. Aufserdem mufs jeder Seehafen, wenn er nicht etwa nur Nothhafen ist, mit dem Binnenlande durch bequeme Wasserstrafsen in Verbindung stehn, und hierzu eignen sich vorzugsweise diese Ströme. Die Seehäfen befinden sich aber keineswegs immer nahe an der See, vielmehr ist es ein grofser Gewinn, wenn die Seeschiffe noch weit aufwärts den Strom befahren und in bedeutender Entfernung Handelsplätze erreichen können, welchen auf diese Weise die Gelegenheit geboten wird, sich unmittelbar an dem Seehandel zu betheiligen.

Dafs die Fluth und Ebbe den wesentlichsten Einflufs auf die Strömung in den untern Stromstrecken ausüben mufs, ist an sich klar. Im Allgemeinen ist ihre Einwirkung auch höchst vortheilhaft, weil sie Veranlassung giebt, dafs hier viel gröfsere Tiefen sich ausbilden und dauernd erhalten, als in den Mündungen andrer Ströme von gleichem Entwässerungs-Gebiete, die sich aber in Meer ergiefsen, welche keinen merklichen Fluthwechsel zeigen. Im letzten Falle führt der Strom sehr gleichmäfsig die Wassermasse ab, welche ihm aus dem Binnenlande durch Nebenflüsse und Bäche zugeführt wird, und wenn sein Profil in der Mündung sich stark erweitert, so ist die Strömung zu schwach, um dasselbe dauernd in gehöriger Tiefe offen zu erhalten, dasselbe wird vielmehr, wie w

der Weichsel, der Rhone und andern sich selbst überlassenen Strömen wirklich geschehn ist, so stark mit Sand und sonstigen Niederschlägen angefüllt, daſs nur Fischerböte daselbst noch hindurch fahren können.

Ganz anders verhält es sich dagegen, wenn eine kräftige Fluth periodisch dem Strome entgegen tritt. Sie unterbricht diesen nicht nur vollständig und verhindert daher in kurzen Zwischenzeiten den Abfluſs des Binnenwassers, sondern sie ergieſst sich sogar in das Strombette und füllt dieses mehrere Meilen weit aufwärts in entsprechender Höhe an. Wenn demnächst Ebbe eintritt, so muſs während der beschränkten Dauer derselben nicht nur das gesammte Binnenwasser, das während einer Fluthperiode von oben her hinzugeflossen ist, abgeführt werden, sondern mit diesem vereinigt sich noch die ganze von der Fluthwelle hineingetriebene Masse, die oft viel gröſser ist als jene, und hierdurch entsteht eine viel stärkere Strömung, die weit kräftiger den Grund angreift und daher weit tiefere Rinnen erzeugt, als der Strom an sich bilden konnte. Die Wirkung verstärkt sich auſserdem noch wesentlich durch das Gefälle, welches der Fluthwechsel im Meere veranlaſst. In dieser Beziehung giebt sich wieder ein sehr auffallender Unterschied zwischen den beiden Arten der Strom-Mündungen zu erkennen, insofern in den ersten das Gefälle beinahe ganz zu verschwinden pflegt, und die Geschwindigkeit deshalb überaus geringe bleibt.

Hierbei muſs zugleich auf den Umstand aufmerksam gemacht werden, daſs die Wassermenge, welche der Strom, der keinem Fluthwechsel unterworfen ist, dem Meere zuführt, allein durch die Ergiebigkeit der Quellen seines Gebietes bedingt wird, und daher in keiner Weise vergröſsert werden kann. Der Zufluſs von der Seeseite, den die Fluthwelle veranlaſst, ist dagegen an sich unbegrenzt, und es kommt nur darauf an, daſs recht weite Thäler oder Niederungen zur Seite des Stromes geöffnet bleiben, die sich bei jeder Fluth anfüllen und wieder entleeren, um groſse Wassermassen in Wirksamkeit treten zu lassen, die sowol bei der Fluth, als auch vorzugsweise bei der Ebbe den Schlauch durchströmen und dessen Tiefe erhalten. Hiermit hängt die Erfahrung zusammen, die man an manchen Häfen, namentlich an der Französischen Seite des Canales gemacht hat, daſs dieselben im vorigen Jahrhundert hinreichend tief waren, um allen Schiffen einen bequemen Zugang zu

bieten, während sie später so flach wurden, dafs nur noch zur Zeit des Hochwassers kleinere Schiffe einlaufen konnten. Die Ursache dieser ungünstigen Veränderung liegt aber, wie leicht zu erkennen war, in den Eindeichungen, die man im Binnenlande ausgeführt hat. In gleichem Maafse, wie die Flächen sich verminderten, welche bisher jedes Fluthwasser aufnahmen, verminderte sich auch die durch den Hafen ein- und ausströmende Wassermasse, und diese genügte bald nicht mehr, das frühere Profil offen zu erhalten.

Das Eintreten einer kräftigen Fluth in die Mündung und die unteren Strecken des Stromes gewährt der Schiffahrt noch einen andern wesentlichen Vortheil, der namentlich in früherer Zeit von grofser Bedeutung war, ehe die Dampfschiffahrt sich so allgemein, wie gegenwärtig ausgebildet hatte. Das Seeschiff kann nämlich eben so, wie das Flufsschiff, zwar einer mäfsigen Strömung entgegen gezogen werden, bei seiner grofsen Masse und seinem breiten und tiefen Profile erfordert es aber eine sehr starke Bespannung und ist dennoch nur langsam zu bewegen. Diese Art der Beförderung ist daher so zeitraubend und kostbar, dafs man davon nur selten Gebrauch macht, und lieber einen günstigen Wind abwartet, bei dem es aufsegeln kann. Die Schwierigkeit verschwindet indessen in denjenigen Stromstrecken, welche einem starken Fluthwechsel unterworfen sind. Hier fliefst zweimal am Tage das Wasser aufwärts und zweimal abwärts. Man darf daher nur der Strömung folgen, die sich von selbst darstellt, sie führt das Schiff beinahe eben so schnell herauf, wie herab und die Segel dienen bei weniger günstigen, und selbst bei entgegenstehenden Winden, nur um das Schiff im Fahrwasser zu erhalten.

Diese abwechselnd in entgegengesetzter Richtung eintretende Strömung veranlafst vielfach auch sehr grofse Uebelstände. Die Ufer, die in solchem Falle meist aus aufgeschwemmtem Boden bestehn, werden durch sie in der verheerendsten Weise angegriffen, und ihre Sicherung ist um so schwieriger, als das salzige Wasser das Weidenstrauch nicht aufkommen läfst. Eine zweite Ursache der Verwilderung des Strombettes liegt noch darin, dafs der Fluthstrom oft einen andern Schlauch verfolgt, als der Ebbestrom. Diese Schläuche ändern periodisch ihre Lage, und weite Ablagerungen entstehen immer von Neuem, die sich oft zu Inseln ausbilden, und diese werden demnächst wieder eben so, wie die Ufer selbst ange-

. Diese Stromstrecken zeigen oft ein Bild der Verwilderung,
am in den weiter aufwärts belegenen Theilen desselben Stro-
ines Gleichen hat. Untiefen im Fahrwasser, Spaltungen des-
und scharfe Krümmungen verhindern hier oft den Schiffahrts-
fast ganz, während die Kräfte, welche das Bette regelmäfsig
n könnten, von der Natur überreichlich geboten sind. So-
ch grofse Wassermassen das Bette durchströmen, also in
e der Mündungen, pflegt die Schiffahrt weniger zu leiden,
ufwärts dagegen, wo der Fluthwechsel nur noch wenige
fst, werden in einem sich selbst überlassenen Strome die
tshindernisse oft unübersteiglich, und es zeigen sich hier so
ellen, wie solche weiterhin, wo die Fluth ganz aufgehört hat,
kommen.

war bis vor 10 Jahren die Weser oberhalb Vegesack, an
nannten Kalkhören, wo der Fluthwechsel schon sehr ge-
in dem weit verbreiteten Bette übermäfsig verflacht, und
rgang der Dampfboote und Lichterfahrzeuge war hier über-
ierig. Es kam sogar oft vor, dafs selbst zur Zeit des Hochwas-
Fahrzeuge nicht darüber fortkommen konnten und mehrere
g hier liegen oder gelichtet werden mufsten. Indem die Ver-
in vielfacher Beziehung denen an der Clyde ähnlich waren, so
ich dieselben Mittel der Strom-Correction, die man dort mit
ıendem Erfolge zur Anwendung gebracht hatte.*) Es kam nur
ı, dem Fluthstrome ein recht gerades, hinreichend weites und
te anzuweisen, damit derselbe möglichst ungeschwächt sich
fwärts fortsetzen und eine gröfsere Wassermasse herauftreiben
In den beiden kleinen Nebenflüssen der Weser, nämlich
ım oder Wümme und der Ochtum, von denen der erstere etwas
ı, der andere aber oberhalb dieser Stelle eintreten, setzt
Fluth bis oberhalb Bremen fort, während in der Weser
ei Bremen nur in den seltensten Fällen ein sehr geringer
hsel zu bemerken war. Der Grund, weshalb dort die Fluth
erauftrat, lag ohne Zweifel in der Reinheit des Wassers,
in den Niederungen sich sammelt, während die Weser sehr
ınd mit sich führt, der ihr Bette soweit füllt, als die Strö-
ses gestattet. Es mufste demnach die Strömung durch

---

*) zweiten Theile dieses Handbuches § 90 ist hiervon die Rede gewesen.

Beförderung der Fluthwelle verstärkt werden, und hierzu bot ein sehr einfaches Mittel dar, indem die starke Krümmung di Stromstrecke vermieden werden konnte, sobald man die sogenar Niederbührener-Weser wieder öffnete, die im vorigen Jahrhun geschlossen war. Hierdurch wurde der Strom wesentlich ger geführt und abgekürzt, auch jene verwilderte Stelle ganz umgan und noch der grofse Vortheil erreicht, dafs das neue Strombette v ständig im Gebiete der Stadt Bremen lag. Es gelang mir, d Auffassung zur Geltung zu bringen, und 1852 wurde der alte lafsne Arm wieder eröffnet. Seine Ausbildung erforderte fre grofse Opfer und die Strömung hat noch wenig zu seiner Ve fung beigetragen, da der Abschlufs des bisherigen Stromlaufes der ganz noch theilweise gestattet wurde, und sonach auch ge wärtig noch grofse Wassermassen ihren Weg durch denselben folgen. Nichts desto weniger haben Sand-Ablagerungen im n Arme nicht statt gefunden. Die durch Baggern dargestellte T erhält sich vollständig und alle Fahrzeuge gehn seit Jahren s unbehindert hier hindurch. Aufserdem sind, namentlich in der o Mündung des alten Armes, bereits starke Verlandungen eingetr und was der wichtigste Erfolg dieser Anlage ist, die Fluthwelle nunmehr auf dem neuen Wege viel kräftiger herauf, so dafs Bremen mit Ausnahme der Zeiten einer starken Anschwellung, Fluthwechsel täglich sich zeigt und bei kleinem Wasser 2 Fufs trägt. Eine weitere Verbesserung der Verhältnisse steht in sich Aussicht, sobald der neue Arm vollständig ausgebildet und der endlich durch natürliche Verlandung geschlossen sein wird.

Viel gröfsere Erfolge darf man aber für diese Stromstrecke i später erwarten, wenn einst die ganz verwilderte und durch i rere Inseln gespaltene Strecke zwischen Warfleth und Rönnel unterhalb der Grenze des Bremer Gebietes verbessert sein v Alsdann wird ohne Zweifel der Fluthwechsel bei Vegesack sich sentlich vergröfsern, und hierdurch wieder weiter aufwärts der F strom verstärkt werden.

Nach dieser allgemeinen Darstellung der Wichtigkeit, we die Fluth für die untern Stromstrecken hat, sind die eigenthü chen Erscheinungen zu bezeichnen, die aus dem Zusammentr der beiden verschiedenen Strömungen entspringen. Wenn der F strom in der Mündung selbst auch sehr kräftig ist, so vermi

sich doch weiter aufwärts, und man kommt endlich an eine Stelle, er ganz aufhört, und beim Steigen des Wassers dasselbe weder noch zurückfließt, also seine Bewegung durch das Zusammentreffen beider Strömungen ganz vernichtet wird. Oberhalb der Stelle wird der Ebbestrom oder die Bewegung in derjenigen Richtung, welche der obere Stromlauf verfolgt, gar nicht mehr unterbrochen. Die Geschwindigkeit vermindert sich zwar auch hier, sobald das Unterwasser in Folge der Fluth sich erhebt, und man kann an diesen Stellen noch einen Fluthwechsel von mehreren Zollen bemerken, aber ein Fluthstrom findet hier nicht mehr statt.

Mit dieser veränderten Stärke der Strömung steht auch die ungleiche Dauer der Fluth und Ebbe in naher Beziehung. Hierauf ist schon früher aufmerksam gemacht worden, aber es verdient besondere Erwähnung, daſs die Dauer der Fluth oder des Steigens des Wasserspiegels, sich immer mehr vermindert, je weiter man den Strom heraufgeht. An der Mündung hält die Fluth etwa 6 Stunden an, weiter aufwärts wird sie geringer und beschränkt sich zuletzt etwa auf 2 Stunden. Wenn sie noch kürzer wird, so giebt sich überhaupt nicht mehr zu erkennen. Hieraus folgt, daſs der vordere Schenkel in der Scale der Fluthwelle viel steiler sein muſs, der hintere. Beim plötzlichen Andringen der Fluth, und indem sie in ihrer vollen Kraft das entgegenströmende Wasser aufhält, erfolgt ein schnelles Steigen, das jedoch von dem nach und nach sich sammelnden Oberwasser bald wieder gemäſsigt, und ganz unterbrochen wird. Der Ebbestrom führt dagegen nicht allein das eingedrungene Fluthwasser, sondern auch das Wasser aus dem Binnenlande ab, und wird durch letzteres nachhaltig gespeist.

Hieraus ergiebt sich unmittelbar, daſs die Fluth in den Strömen um so mehr geschwächt werden muſs, je gröſser die Wassermasse ist, welche diese abführen. Dieses bestätigt sich auch ganz allgemein, denn zur Zeit der Anschwellungen der Ströme dringt die Fluth nicht soweit aufwärts, als bei kleinem Wasser, und gerade während der allerniedrigsten Wasserstände giebt der Fluthwechsel sich noch an Punkten zu erkennen, wo man solchen sonst nicht wahrnimmt.

Der Einfluſs der Fluth auf die untern Stromtheile und die Aenderungen, die hierdurch im Wasserstande an verschiedenen Punkten, wie im Gefälle, veranlaſst werden, ergeben sich am deutlichsten

aus dem Längenprofile, wenn darin der Wasserspie
tragen wird, wie er durch gleichzeitige Pegel-Beobachtun
schiedenen Orten gemessen ist. Zusammenstellungen
sind für mehrere Ströme in England und Schottland ge
den, besonders interessant ist aber das von Minard*)
Längenprofil der 3 Deutsche Meilen langen Strecke der unt
von Abbeville bis Le Crotoy, Saint-Valery gegenüber. F
dieses Profil mit den verschiedenen Linien der an fünf Pe
zeitig beobachteten Wasserstände dar: die Beobachtungs
in der Figur neben den Linien angegeben.

Die untere Linie, welche zwischen Noyelle nur etwa
dem Flufsbette entfernt ist, bezeichnet den Wasserstan
dem Eintritt der Fluth. Letztere bemerkt man an der re
der Figur zuerst in der mit 9 Uhr 50 Minuten bezeichn
Die zweite Fluthlinie um 10 Uhr 25 Minuten gemessen,
schon bedeutend und erstreckt sich weiter sromaufwärts.
von 11 Uhr 17 Minuten erreicht bereits Noyelle, die fün
Uhr 20 Minnten erstreckt sich bis Grand-Port und die sech
bei Le Crotoy schon das Hochwasser bezeichnet, ist nahe
vorgedrungen. Die folgenden beiden Linien von 1 Uhr
und 1 Uhr 34 Minuten ergeben in Le Crotoy bereits ein
Ebben, während die Fluthwelle noch weiter stromaufwärt
und in diesen Zeiten bei Noyelle und Grand-Port das I
darstellt. In Lavier und Abbeville wurde das Hochwasse
beiden folgenden Linien erst um 2 Uhr 7′ und 2 Uhr 2
tet, während bei Le Crotoy das Wasser bereits 6 Fufs
um den dritten Theil des ganzen Fluthwechsels gefallen
letzte Linie, um 4 Uhr 20′ gemessen, zeigt, dafs in der ga
strecke bereits Ebbe eingetreten, und das Gefälle überal
See gekehrt ist.

Dieses Profil läfst auch auf die Dauer der Fluth und
die Gröfse des Fluthwechsels an den verschiedenen Pun
fähr schliefsen. Hierzu eignen sich aber ohne Zweifel
vollständige Beobachtungsreihen über den Vorübergang
welle an einzelnen Punkten, wie Fig. 21 eine solche fü
zeigt.

*) Cours de construction des ouvrages hydrauliques des Ports de Mer

Der verstorbene Deichgräf Nienburg in Oldenburg hat über die ...thverhältnisse der untern Weser sehr sorgfältige und ...liche Untersuchungen angestellt, deren Hauptresultate die ...den sind.*) Die ganze Stromstrecke innerhalb des Großher... Oldenburg von oberhalb der Mündung der Ochtum (die ...h noch unmittelbar in den Hauptstrom der Weser sich ergoß) ...r See, ist dem Fluthwechsel unterworfen, doch ist dieser in ...Nähe der obern Grenze schon sehr mäßig, woher gemeinhin ...Fluth nicht weit über diese Grenze hinaus bemerkt wurde. Behufs der Feststellung der Deichhöhen wurden ein ganzes Jahr ...rch an verschiedenen Punkten die höchsten und kleinsten Was...de bei jedem Fluthwechsel beobachtet, und aus je 705 bis ...zusammengehörigen Beobachtungen (nämlich aus allen Hoch- ...Niedrig-Wasserständen in dem ganzen Jahre) wurden die arith...schen Mittel genommen. Hieraus ergab sich die Höhe des ...thwechsels an den verschiedenen Punkten in folgender Größe ...zwar in Rheinländischem Fußmaaße:

1.	Vor dem Fedderwarder Siel zwischen der Weser und Jade	11′ 1″
2.	Vor der Mündung der Geeste	10′ 11″
3.	Vor Dedesdorf	10′ 7″
4.	Vor Brake	9′ 11″
5.	Vor dem Oldenbrooker Siel bei Käseburg	9′ 8″
6.	Vor Elsfleth	8′ 6″
7.	Reckum gegenüber	7′ 10″
8.	Vor Warfleth	6′ 4″
9.	Vor Lemwerder, Vegesack gegenüber	4′ 3″
10.	An der Mündung der Ochtum	3′ 6″

Die letzte Angabe ist weniger genau, weil sie vorzugsweise auf ...elnen besonders hohen Fluthen beruht. Es ergiebt sich aber dieser Tabelle, daß in der mehr als 6 Meilen langen Strecke der See bis gegen Elsfleth die Fluthhöhe nur 2¼ Fuß abnimmt. ...er folgenden Strecke bis Lemwerder, die noch nicht 2 Meilen ...g ist, vermindert sie sich dagegen um mehr, als 4 Fuß. Der ...nd dieser starken Abnahme ist ohne Zweifel in der geringen

*) Dieselben wurden mir vom Verfasser zur Benutzung in diesem Handbuche ...theilt.

Tiefe, so wie in den mehrfachen Spaltungen und der übermäſsigen Verwilderung dieses Theils des Stromes zu suchen.

An derselben Stelle, wo die starke Verminderung des Fluthwechsels beginnt, liegt auch die Grenze, bis zu welcher die starken Anschwellungen der Ober-Weser noch auf den Wasserstand Einfluſs haben. In Brake giebt sich dieser Einfluſs beinahe gar nicht zu erkennen, auch am Oldenbrooker Siel ist er noch sehr unbedeutend, weiter aufwärts bemerkt man aber, daſs bei Anschwellungen der Ober-Weser eben sowohl das Hochwasser, wie auch das niedrige Wasser beim Wechseln der Fluth und Ebbe eine gröſsere Höhe am Pegel erreicht, als sonst, und zwar steigt das Hochwasser weniger, als das niedrige. Wenn letzteres sich noch 1¼ Fuſs über seiner gewöhnlichen Höhe erhält, so sinkt jenes schon auf den ordinären Stand der Fluth zurück.

Das Hochwasser liegt nicht an allen Beobachtungspunkten in demselben Horizonte, vielmehr erhebt es sich stromaufwärts zu einer gröſseren Höhe, oder wenn man die mittleren Stände des Hochwassers in das Längen-Profil einträgt, so stellen sie eine Linie dar, welche nach der Seeseite abfällt. Legt man durch das mittlere Hochwasser am Fedderwarder Siele eine Horizontal-Ebene, so befinden sich die mittleren Hochwasserstände der übrigen Punkte über demselben. Der Höhenunterschied gegen diesen Horizont beträgt:

bei Nordenhamm	4″
am Golzwarder Siel	8″
bei Brake	11″
bei Käseburg	1′ 2″
am Piependammer Siel . . .	1′ 5″
bei Warfleth	1′ 8″
bei Lemwerder	1′ 11″
an der Ochtum	2′ 2″.

Was den Einfluſs des Windes auf den Wasserstand der untern Weser betrifft, so hat man bemerkt, daſs bei Sturmfluthen das Wasser sich mehrmals 10 bis 11 Fuſs über das Hochwasser der Fluthen nach dem dermaligen Stande des Mondes und der Sonne erhoben hat. Im Februar 1825 überstieg es dieses sogar um 12 Fuſs. Diese Höhe bezieht sich aber nur auf den mittleren Wasserspiegel, die einzelnen Wellen erreichten viel gröſsere Höhen.

Ueber den Eintritt des Hochwassers an den verschiede- Punkten zur Zeit der Voll- und Neumonde, also über die Ha- zeiten, sowie auch über die Dauer der Fluth und Ebbe, oder das Steigen und Fallen des Wassers, wurden gleichfalls Beob- ungen angestellt, deren mittlere Resultate die nachstehende Ta- nachweist.

Beobachtungs-Orte	Hafenzeit		Dauer der Fluth		Dauer der Ebbe	
	Stunden	Minuten	Stunden	Minuten	Stunden	Minuten
em Fedderwarder Siel in der Weser .	12	10	6	12	6	12
agbalger Siel	12	50	5	20	7	5
enshammer Siel	1	20	5	10	7	15
·ohhauser Siel	1	35	5	0	7	25
ake	2	15	4	45	7	40
denbrooker Siel	2	35	4	40	7	45
sflether Siel	2	50	4	5	8	20
sfleth	3	0	4	0	8	25
:mwerder	3	50	3	40	8	45

s ergiebt sich hieraus wieder, daſs die Fluthen weiter strom- ts nicht nur später eintreten, sondern ihre Dauer sich auch end verkürzt und dagegen die Ebben, oder die Zeiten, in n der Wasserstand sich senkt, immer länger werden.

um bessern Verständniſs dieser Tabellen füge ich noch die :eisung der Entfernungen für alle benannte Punkte bei, und sind dieselben vom Fedderwarder Siele ab gemessen.

Mündung der Geeste	2,0	Meilen
Flagbalger Siel	2,8	-
Dedesdorf	3,5	-
Esenshammer Siel	3,6	-
Golzwarder Siel	4,8	-
Brake	5,3	-
Oldenbrooker Siel bei Käseburg	5,9	-
Elsflether Siel	6,5	-
Elsfleth	6,7	-
Piependammer Siel	7,0	-
Reckum	7,0	-

Warfleth	7,6 Meilen
Lemwerder	8,3 -
Mündung der Ochtum	9,0 -

Am Flagbalger Siel wurden endlich noch die Geschwin keiten des Fluth- und des Ebbe-Stromes gemessen, und es e sich, dafs der erstere, wenn er seine gröfste Stärcke erreichte, was bedeutender war, als der letztere. Dieser nahm nämlic Maximum nur die Geschwindigkeit von 3 Fufs 2 Zoll an, wäh jener die Geschwindigkeit von 3 Fufs 7 Zoll erreichte. Die Z des höchsten und niedrigsten Wassers fielen aber keineswegs dem Wechsel der Strömung zusammen. Beim Eintritt des klei Wassers hatte der Ebbestrom vor diesem Siele noch die grofse schwindigkeit von 2 Fufs 7 Zoll, und er hörte erst auf, nach das Wasser schon 1 Fufs 6 Zoll wieder gestiegen war.

Indem, wie bereits oben erwähnt, der Fluthstrom, so wie der Ebbestrom um so stärker wird, und daher um so kräftiger die Vertiefung des Fahrwassers wirkt, je gröfser die Ausdeh der weiter aufwärts belegenen Flächen ist, die bei den Fluthen Wasser gefüllt werden, so dürfen hier die Eindeichungen nicht weit getrieben werden, und namentlich müssen alte Flufsarme sonstige Schlenken offen bleiben. Da jedoch bei Durchführung Deiche, also beim wasserfreien Verschlufs dieser Flächen, die c liegenden Ländereien vortheilhafter benutzt werden können, so gen Anträge dieser Art oft gestellt zu werden, und man mufs dann sorgfältig prüfen, ob die Schiffahrt dabei nicht wesentlich droht wird. Andrerseits tritt der durchgreifenden Regulirung untern Stromstrecken noch zuweilen das Vorurtheil entgegen, man bei der weitern Ausdehnung und gröfseren Höhe der Fl welle, die hierdurch veranlafst wird, auch gröfsere Anschw lungen des Wasserstandes herbeizuführen glaubt. Diese Fu ist aber in sofern ganz unbegründet, als die Welle sich vor weise dadurch bildet, dafs beim Sinken des Spiegels der See Wasser aus den betreffenden Stromstrecken in dem erweiterten vertieften Bette leichteren Abflufs findet, als früher. Es tritt wirklich das Gegentheil ein, und die Entwässerung der Niederun wird hierdurch wesentlich befördert. Die vorstehenden Mitthei gen über die mittleren Fluthhöhen der Weser ergeben auch,

die absolute Höhe des Hochwassers stromaufwärts immer mehr ansteigt. Das Hochwasser an irgend einem Punkte kann daher nicht sowol von der Fluthwelle herrühren, die in die Mündung des Stromes einläuft, als von dem Binnenwasser, welches der Strom abführt. Sollte erstere die Anschwellung veranlassen, so könnte die Höhe der Welle nicht zunehmen, sie müfste vielmehr, von einzelnen scharfen Verengungen des Bettes abgesehn, nach und nach abnehmen. Es leuchtet auch an sich ein, dafs eine hohe Untiefe oder eine sonstige Unregelmäfsigkeit im Strombette, welche das weitere Auflaufen der Fluthwelle verhindert, nicht sowol das Uebertreten des Hochwassers hemmt, das von der Seeseite anläuft, als vielmehr den Abflufs zur Zeit der Ebbe. Nach Beseitigung dieser Untiefe bildet sich also die viel stärkere Fluthwelle weiter aufwärts allein dadurch aus, dafs ihr unterer Scheitel tiefer herabsinkt. Berücksichtigt man hierbei noch, dafs während des Eisganges an jener Stelle leicht Stopfungen oder Versetzungen eintreten können, die den Abflufs noch mehr hindern und möglicher Weise auf längere Zeit vollständig sperren, so folgt, dafs man auch in den untern Stromstrecken, in welchen Fluth und Ebbe statt findet, eben so wie in den obern, für die Vorfluth nicht besser sorgen kann, als durch Geradlegung und Vertiefung des Strombettes.

Beim Eintritt der Fluth wie der Ebbe pflegt in den unteren Stromtheilen, sowie auch in Meeresbuchten, welche weite Mündungen haben, die Strömung nicht plötzlich ihre Richtung zu verändern und in die entgegengesetzte überzugehn. Namentlich in dem Falle, dafs die Buchten durch Insel-Reihen vom Meere getrennt sind, also vielfache Verbindungen mit dem letzteren haben, wie etwa die Süder-See, treten nach und nach Aenderungen der Strömung ein, so dafs die Richtung derselben die halbe Windrose langsam durchläuft, bis endlich der Ebbestrom sich entschieden ausbildet. Etwas Aehnliches, wenn auch viel weniger auffallend, zeigt sich häufig noch in Stromstrecken, die schon von der Mündung weit entfernt liegen. Dabei bemerkt man auch, dafs die flacheren und die tiefer gehenden Fahrzeuge nicht übereinstimmend von der Strömung getroffen werden, dafs also letztere in verschiedener Tiefe verschieden sein mufs. Die vor Anker liegenden Schiffe lassen dieses deutlich erkennen, indem die Strömung, von der sie getroffen werden, sie bei ruhiger Witterung immer vom Anker forttreibt, und sie um

nkt schwingen, indem der vor
ibt, also der Richtung des Stro

dafs beim Beginne der Fluth das
von der neuen Strömung früher gef
Fluthstrom legt, während das danel
die frühere entgegengesetzte S
diese Erscheinung durch das verschied
Wassers beider Strömungen erklärt.
schwerere Wasser, welches von der See
bleibt, während das süfse Binnenwasser
Nähe der Oberfläche noch in entgegenges
Obwohl diese Erklärung in vi
ist die Erscheinung doch keineswegs
bemerkt man eben sowol bei der F
dafs gerade die kleineren Fahrzeuge früher
Nach den mir hierüber gemachten Mit
Strömungen während des Umsetzens gen
Wege. In der tiefen Stromrinne, wo
erhält sich beim Beginne der Fluth, wi
frühere Strömung am längsten, während
in der Nähe der Ufer das Wasser schon
Richtung folgt. In weiten Strommündungen,
die Strömung aber überhaupt nicht auf
Zeit alsdann in die entgegengesetzte über
wie in ausgedehnten Meeresbuchten nach
und durchläuft alle Compass-Striche. Di
der Weser gemachte Erfahrung, dafs die Un
später eintritt, als der Wasserstand sein M
erreicht, also derselbe bereits sehr mer
oder gesunken ist, wiederholt sich in

der Ansicht, dafs fortdauernd unter der
Fluthwelle das Stromwasser über der S
dafs also die Fluth sich nur auf die obern
und darunter ein ununterbrochener F
Diese Auffassung wurde durch keine Thatsa
erscheint um so gewagter, als doch gewifs

ehmen ist, dafs das specifisch leichtere Binnenwasser unter
eewasser oder dem braken Wasser seinen Weg fortsetzen
Nichts desto weniger behielt diese Ansicht bei einzelnen
cten noch Geltung, bis sie durch directe Beobachtungen in
Zeit widerlegt ist. Der Ingenieur E. Olivier maafs zwi-
ortrecht und Zwijndrecht, so wie bei s'Gravendeel, wo schon
deutende Fluthwechsel eintreten, die Geschwindigkeiten in
denen Tiefen bis zum Grunde und zwar eben sowol bei der
ls bei der Ebbe, und es ergab sich, dafs sie jedesmal in al-
n übereinstimmende Richtungen hatten, aber, wie auch sonst
eschieht, in der Tiefe etwas geringer waren.*)

der Mündung der Rhone hat man bemerkt, dafs die bei
Witterung sehr auffällige Küstenströmung, die sich westwärts,
h Cette hinzieht, nur in der Oberfläche statt findet und nicht
rabreicht, als das süfse Wasser der Rhone, dafs das See-
larunter aber an dieser Strömung nicht Theil nimmt.

mufs ferner der Aufschlickung gedacht werden, die in
rn Stromtheilen, wo starke Fluth und Ebbe statt findet, oft
leutend ist. Dieses ergiebt sich theils aus der starken Trü-
s Wassers, und theils auch aus den Ablagerungen von Schlick,
n kurzer Zeit eine überraschende Höhe erreichen. Sie zei-
vorzugsweise an solchen Stellen, die von der starken Strö-
cht getroffen werden, und sind um so gröfser, je höher das
sser sie überfluthet. Aus dem letzten Grunde ermäfsigt sich
res Anwachsen mit ihrer zunehmenden Erhebung, und wenn
ch solche Höhe erreicht haben, dafs das Hochwasser nur
nig darüber tritt, so hört die weitere Ablagerung beinahe
f. Um ein Beispiel solcher starken Aufschlickung mitzu-
mag erwähnt werden, wie ich einst darauf aufmerksam ge-
urde, dafs eine Helling an der Geeste neben Bremerhaven,
che vor zwei Monaten ein Schiff aufgezogen worden, die
nals vollständig gereinigt sein mufste, in ihrem untern Theile
nit einer Schlickmasse von 6 Fufs Höhe überdeckt war.

allen Strömen giebt es gewisse Stellen, wo diese Ablage-
besonders stark sind. Für die Weser dürfte die Mündung

---

rer de Stroomsnelheid in den Waterafvoer der Rivieren. — Verhande-
n het koninglijk Institut van Ingenieurs. 1858—1859. pag. 50.

der Geeste eine solche sein, für die Elbe ist es die Strecke zwischen Stade und Glückstadt. Das Wasser ist hier auffallend stärker getrübt, als sonst, und zugleich ist der Schlickfall hier bedeutender, als weiter aufwärts und abwärts. Hübbe hat diesen Gegenstand sehr eingehend untersucht.*) Die im Wasser schwebenden feinen erdigen Theilchen bewegen sich, so lange sie dem Fluthstrome noch nicht begegnen, dauernd stromabwärts. Sobald ihnen aber die Fluth entgegentritt, so werden sie anfangs nur wenig, aber später immer stärker zurückgetrieben, bis sie endlich an eine Stelle gelangen, wo sie bei der sehr weiten Oeffnung des Profiles in jeder vollen Fluth-Periode nur wenig vorrücken, und wo gleichzeitig in Folge früherer Ablagerungen oder wegen der Bodenbeschaffenheit auch der Fluthstrom in gleicher Weise, wie der Ebbestrom mit erdigen Theilchen gefüllt ist. Wenn in der Nähe der Mündung das Verhältniſs des Profiles zu der vom Binnenlande kommenden Wassermasse sich auch noch gröſser herausstellt, also die durchschnittliche, stromabwärts gerichtete, Geschwindigkeit derselben noch geringer wird, so tritt hier dennoch der wesentliche Unterschied ein, daſs der Fluthstrom reineres Wasser herbeiführt, und das trübe Wasser, das bei der Ebbe abflieſst, nicht mehr in der nächsten Fluth zurückkehrt. Dieses geschieht aber nur, wenn die gröſsere Meerestiefe in so geringer Entfernung vor der Strommündung liegt, daſs das austretende trübe Wasser in derselben Ebbe bis über diese Grenze hinaus geführt wird. Die schwebenden Theilchen können alsdann versinken und der beim Wellenschlage eintretende Rückstrom (§. 5) treibt den Schlick noch weiter in die See, so daſs er dem Angriffe des Fluthstromes weniger ausgesetzt ist. Wenn dagegen weit ausgedehnte Wattgründe seewärts noch davor liegen, wie etwa vor der Mündung der Jade, so wird die Erscheinung ganz anders, und das Wasser des Fluthstromes ist sogar stärker mit erdigen Theilchen geschwängert, als daſs des Ebbestromes. Es wird hierauf später (§. 11) zurückgekommen und der Beweis dafür durch directe Messungen gegeben werden.

Schlieſslich sind noch die eigenthümlichen Erscheinungen zu erwähnen, die in manchen Strömen beim Eintritt der Fluthen

*) Ueber die Eigenschaften und das Verhalten des Schlicks. Zeitschrift für das Bauwesen. Jahrgang X. Seite 491 ff.

sich in der auffallendsten Weise bemerkbar machen. Die Fluthwelle ist ohnerachtet der grofsen Höhe, die sie stellenweise erreicht, dennoch im offenen Meere auf beiden Abhängen so sanft geneigt, dafs man die Abweichungen von der Horizontalen nicht unmittelbar wahrnehmen kann, diese vielmehr nur aus der Vergleichung gleichzeitiger Wasserstände in benachbarten Orten sich erkennen lassen. Bei ganz ruhiger Witterung, wenn der Wasserspiegel vollkommen eben ist, tritt im Beginne der Fluth, durch diese veranlafst, Wellenbewegung ein. Der Meeresspiegel nimmt also nicht in sanftem Uebergange eine andre Neigung an, vielmehr veranlafst die Fluthwelle, indem sie das Gleichgewicht stört, schon gewöhnliche Wellen, die ihre Annäherung bezeichnen. So sah ich einst an der Mündung der Tyne, bei South-Shields die ganz glatte Oberfläche der See plötzlich in wellenförmige Schwingungen versetzt. Es waren jedoch nicht die kurzen Wellen, welche der Wind verursacht, sondern es zeigten sich lang ausgezogene Erhebungen, wobei die Oberfläche ihre volle Glätte behielt, und nur in flach gekümmte Formen überging. An den weit vortretenden niedrigen Felsbänken fing das Meer gleichzeitig zu branden an, und nach wenigen Minuten konnte man schon das Steigen des Wassers wahrnehmen.

Bei Flufsmündungen, die nicht ausgedehnte Bänke vor sich haben, sondern unmittelbar in das offene und tiefe Meer treten, die also von der Fluthwelle in ihrer vollen Kraft und Geschwindigkeit getroffen werden, mufs die erwähnte Erscheinung offenbar viel auffallender sich zeigen, in sofern dabei der Ebbestrom des Flusses überwunden und zurückgedrängt wird. Dieses geschieht jedoch nicht plötzlich, sondern zwischen dem Ebbestrome und dem Fluthstrome bleibt ein Zwischenraum, in welchem das Wasser stille steht, und von beiden Seiten geprefst wird. In Folge des Druckes schwillt es an. Diese Erhebung oder W e l l e kann sich aber nicht an demselben Orte erhalten, sondern wie die Fluth weiter stromaufwärts dringt, so läuft sie vor derselben, und bewegt sich oft mit grofser Geschwindigkeit. Man nennt diese Erscheinung in der Gironde, wo sie besonders auffallend war, aber gegenwärtig sich nur in geringerem Maafse noch zeigen soll, das Mascaret. Die erste Fluthwelle lief hier zur Zeit der Springfluthen mit solcher Geschwindigkeit ein, dafs kein Pferd ihr folgen konnte, und sie nahm stellenweise, besonders da, wo die gegenüber stehenden Ufer sich einander näherten, eine

bedeutende Höhe an, die nach den Beschreibungen die Gröfse ei
Hauses erreichte. Sie überfluthete Alles, was ihr im Wege lag, u
war daher für kleine offene Fahrzeuge besonders gefährlich.

Auch in der Charente und der Seine tritt dieselbe Erscheinu
ein, woselbst man sie die Barre nennt, und wenn sie hier auch m
der stark ist, so bleibt sie dennoch für die Fischerböte sehr gefä
lich. Letztere werden, wenn man ihren Eintritt besorgt, sehr v
sichtig in die Richtung des Stromes gebracht, um nicht von
Seite getroffen zu werden. In der Seine läuft diese Welle bis
gen Rouen herauf, doch zeigt sie sich keineswegs bei allen höhe
Fluthen, vielmehr bildet sie sich nur unter besonderen Witterun
Verhältnissen vollständig aus. Auch an andern Küsten läuft
Fluth in gleicher Weise in die ihr entgegekehrten Ströme ein.
erreicht im Severn diese Welle die Höhe von 10 Fufs, und n
viel bedeutender soll sie im Ganges und im Amazonen-Strome s

Wesentlich verschieden ist die Erscheinung in der Mündung
Adour, wo die Fluth gezwungen ist, durch ein sehr verengtes Pr
in ein dahinter liegendes ausgedehntes Becken einzudringen. We
der beschränkten Weite der Oeffnung findet während der gan
Dauer des Hochwassers ein starker Wassersturz hier statt, und
innern Becken ist zur Zeit der Springfluthen der Wasserstand n
4 Fufs niedriger als in der See, woher die Schiffe erst ausgehn k
nen, wenn die Ebbe schon längere Zeit angehalten, und diese Nive
Differenz sich ausgeglichen hat.

§. 9.
Wasserstände der Ostsee.

In denjenigen Meeren, welche dem Einflusse der Fluth
Ebbe gar nicht, oder nur in geringem Maafse ausgesetzt sind, f
len jene grofsen und in kurzen Perioden wiederkehrenden Anschw
lungen und Senkungen des Wassers, doch ist der Stand dessel
auch hier keineswegs unveränderlich, vielmehr treten noch Schw
kungen von solcher Ausdehnung ein, dafs man dieselben weder
Hafen-Anlagen, noch auch beim Uferschutze unbeachtet lassen d
Die Ursache dieser Schwankungen ist grofsentheils, und gemein
ausschliefslich der Wind. Wenn die Wirkung desselben auf d

Wasserstand des Atlantischen Meeres wegen des überwiegenden Einflusses der Fluthen sich der Beobachtung mehr entzieht, so bietet die Ostsee dagegen die günstige Gelegenheit, den Effect des Windes erkennen zu lassen. Weit vollständiger würde dieses der Fall sein, wenn rings um dieses Binnenmeer regelmäſsige Beobachtungen gemacht würden und mit einander verglichen werden könnten. Der folgenden Untersuchung sind nur die in den Preuſsischen Häfen und Lootsenstationen angestellten täglichen Messungen zum Grunde gelegt, die indessen schon sehr vollständig das Sachverhältniſs aufklären, und etwaige Zweifel über die Ursache der zeitweisen hohen Anschwellungen beseitigen, besonders wenn man auch solche Pegelstationen berücksichtigt, die an den kleineren Binnenseen oder Haffen liegen.

Der Wasserstand wird, in gleicher Weise wie bei Strömen (II. Theil dieses Handbuches §. 61), an gewissen aufrechtstehenden Maaſsstäben, oder sogenannten Pegeln gemessen, die in diesem Falle, wo die Aenderungen nur langsam erfolgen, der Vorrichtung zum Selbstregistriren nicht bedürfen. Um so nöthiger ist es hier aber, daſs die Maaſsstäbe dauernd in ihrer Stellung und in gleicher Höhe erhalten werden. Auſserdem müssen sie auch an Orten angebracht sein, wo sie einem starken Wellenschlage nicht ausgesetzt sind, weil es sonst zuweilen unmöglich sein würde, den Wasserstand daran annähernd richtig zu messen.

Die Rücksicht auf die dauernde Erhaltung der Höhe des Nullpunktes macht es schon sehr wünschenswerth, den Pegel nicht an Bohlwerken und noch weniger an einzelnen Pfählen zu befestigen, sie vielmehr an sicher fundirten Ufermauern anzubringen. Doch auch wenn dieses geschehn ist, muſs man die unvermeidlichen Reparaturen und Erneuerungen vorsehn, und es ist deshalb nothwendig, daſs der Nullpunkt jedes Pegels noch durch sorgfältige Nivellements an andere Festpunkte in der Nähe angeschlossen und periodisch mit diesen immer wieder verglichen werde, damit die zufälligen Veränderungen leicht bemerkt und berichtigt werden können. Nach der bei uns geltenden Instruction vom 23. August 1845 wird ein solcher Vergleich in jedem Jahre einmal gefordert.

Wenn diese Vorsicht angewendet wird, so gewinnt man freilich die Ueberzeugung, daſs der Pegel seine Höhe unverändert gegen das benachbarte Ufer behält, ob dieses selbst aber nicht etwa in

Folge tellurischer Wirkungen sich hebt oder senkt, und dadurch auch die Höhe des Pegels verändert, bleibt dennoch ungewifs. Sollten Bewegungen dieser Art in gröfserer Ausdehnung eintreten, so würde man unter Voraussetzung der Unveränderlichkeit des mittleren Wasserstandes aus den Pegel-Beobachtungen umgekehrt auf die erfolgte Hebung oder Senkung des Ufers schliefsen können.

Erscheinungen dieser Art kommen vielfach vor, und ein grofsartiges Beispiel hiervon zeigt sich auch an der Ostsee. An vielen Stellen der Schwedischen Küste erkennt man nämlich deutlich, dafs in früheren Zeiten und zwar keineswegs in weit entfernten, das Meer viel höher gegen das Ufer stand, als gegenwärtig. Eiserne Ringe, zum Befestigen kleiner Fahrzeuge bestimmt, sind jetzt von den Böten aus nicht mehr zu erreichen, frühere Landeplätze sind wegen der grofsen Höhe unbrauchbar geworden, u. d. gl. Schon Celsius bemerkte diese Veränderungen, und schlofs daraus, dafs die Ostsee eben so wie die Nordsee in jedem Jahrhunderte sich um 40 Zoll senke. Die Schlufsfolge war unbedingt in sofern unrichtig, als die vorausgesetzte Senkung sich auch an andern Ufern dieser Meere zu erkennen geben mufste, und unmöglich an den Häfen und noch weniger an den Deichen vor den Marschen an der Nordsee unbemerkt bleiben konnte. Leopold von Buch erklärte daher viel passender diese Erscheinung durch die stellenweise Erhebung des Landes. Die Richtigkeit dieser Auffassung hat sich seitdem vollständig bestätigt und zwar in der Art, dafs die Schwedische Küste sich an verschiedenen Stellen ganz ungleichmäfsig hebt. Im Maximum beträgt die Hebung jährlich etwas über einen halben Zoll.*) Dabei bleibt es aber sehr zweifelhaft, ob die Bewegung in gleichem Sinne sich dauernd fortsetzt, oder ob vielleicht einst wieder Senkungen eintreten werden. In der Nähe von Stockholm fand man beim Ausgraben eines Canales unter einer Bank von Seemuscheln ein kleines Gebäude mit aufgemauertem Heerde, auf dem noch Holzkohlen lagen. Seitdem dort Menschen wohnen, hatte sich also der Boden zuerst unter das Meer gesenkt, und alsdann wieder darüber erhoben. In der Zeit, wo die grofsen Umformungen der Erdoberfläche erfolgten, sind ähnliche ganz verschiedenartige Bewegungen vielfach vorgekommen, wie dieses die Ablagerungen und For-

*) Poggendorff's Annalen Band [illegible] Seite 444 f.

mationen zeigen, aber auffallend ist es gewifs, dafs an den Ufern der Ostsee solche Aenderungen sich noch gegenwärtig bemerkbar machen.

Es konnte nicht fehlen, dafs diesen Thatsachen gegenüber die Frage entstand, ob andere Ufer der Ostsee gleichfalls Bewegungen erkennen lassen, oder ob sie unverändert gegen den mittleren Wasserstand ihre Höhe behalten. An der Russischen Küste und zwar bei Petersburg und Cronstadt überzeugte man sich, dafs seit zwei Jahrhunderten keine auffallende Aenderung eingetreten sei. Dasselbe kann auch mit gleicher Bestimmtheit von mehreren Stellen der Preufsischen Küste gesagt werden, und zwar in Bezug auf viel entferntere Zeiten. Namentlich Danzig und Königsberg mit ihren niedrigen Umgebungen haben ein halbes Jahrtausend hindurch ihre Höhenlage gegen den Spiegel der See nicht wahrnehmbar verändert.

Bestimmte Angaben hierüber lassen sich indessen nur machen, wenn sichere Wasserstands-Beobachtungen vorliegen. Solche sind in unsern Seehäfen seit 1811 angestellt worden, und auf Veranlassung von Alexander von Humboldt versuchte ich im Jahre 1844*) zu ermitteln, ob aus diesen eine Senkung oder Hebung irgend einer Stelle sich nachweisen liefse. Zu diesem Zwecke wurden für jeden Beobachtungsort, so weit die Ablesungen mit einiger Sorgfalt gemacht waren, zunächst die jährlichen mittleren Wasserstände berechnet und aus diesen alsdann nach der Methode der kleinsten Quadrate der wahrscheinlichste Werth der jährlichen Aenderung und der wahrscheinliche Fehler dieses Werthes bestimmt. Es ergab sich, dafs die gefundene jährliche Aenderung meist kleiner und nur selten wenig gröfser war, als ihr wahrscheinlicher Fehler, dafs also das Vorhandensein einer solchen durchaus nicht sicher sich herausstellte. Eine Ausnahme hiervon zeigte sich nur bei Memel, woselbst diese Untersuchung zu der sehr bedeutenden Hebung des Pegels oder des Landes von $3\frac{1}{2}$ Fufs in 100 Jahren führte. Dieses Resultat war an sich durchaus unwahrscheinlich und mit der niedrigen Lage des Hafens und der Stadt ganz unvereinbar. Bei näherer Untersuchung ergab sich schliefslich, dafs der Festpunkt, mit dem der Pegel ur-

*) Vergleichung der Wasserstände an der Preufsischen Ostseeküste. Poggendorf's Annalen, Band 64, Seite 543 ff.

sprünglich durch ein Nivellement verbunden gewesen, seit langer Zeit nicht mehr existirte, und daher der Pegel, der an einem Pfahle befestigt und wahrscheinlich oft durch das Eis gehoben war, seine frühere Stellung verändert hatte, ohne dafs dieses bemerkt werden konnte. Seitdem im Jahre 1845 die erwähnte neue Instruction, die eben hierdurch veranlafst wurde, ertheilt ist, sind solche Irrthümer nicht mehr zu besorgen. Es ergiebt sich aber aus der vor Kurzem von mir wiederholten Vergleichung, die im Folgenden ausführlicher mitgetheilt werden soll, dafs auch bei Memel in neuerer Zeit keine wahrnehmbare Aenderung eingetreten ist. Aus den dreizehn Jahrgängen von 1831 bis 1843 ergab sich nämlich der mittlere Wasserstand gleich 1 Fufs 6,0 Zoll und aus den 16 Jahren 1846 bis 1861 stellt sich derselbe auf 1 Fufs 5,8 Zoll. Der Unterschied beträgt also nur 0,2 Zoll, während der wahrscheinliche Fehler der letzten Bestimmung gleich 0,34 Zoll, also noch gröfser ist. Hiernach findet also an keinem Punkte der Preufsischen Ostseeküste Hebung oder Senkung des Landes statt, und die Aenderungen des Wasserstandes, die man an den Pegeln bemerkt, rühren allein vom Steigen oder Fallen der See her.

Um diese Aenderungen, wie sie sich an verschiedenen Orten herausstellen, mit einander vergleichen zu können, mufs man zunächst den mittleren Wasserstand für jede Pegelstation berechnen, und in sofern in früherer Zeit auf die Beobachtungen weniger Aufmerksamkeit verwendet, auch die Ablesungen nicht an bestimmter Tagesstunde gemacht wurden, so bezieht sich die folgende Untersuchung ausschliefslich auf die Notirungen, nach dem Jahre 1845. In den meisten Häfen wurde die betreffende Aenderung bereits am 1. Januar 1846 eingeführt, auf einigen Stationen dagegen erst später. Für letztere mufste daher der Jahrgang 1846 ausfallen, und sonach sind dieser Berechnung theils 16 und theils 15 Jahrgänge (nämlich bis zum Schlusse des Jahres 1861) zum Grunde gelegt.

Zunächst wurde für jeden Beobachtungsort und für jeden einzelnen Jahrgang der mittlere Wasserstand berechnet, also das arithmetische Mittel aus allen Beobachtungen, die täglich um 12 Uhr Mittags angestellt sind, gesucht. Sodann wurde aus diesen 15 oder 16 Mittelzahlen nochmals das arithmetische Mittel genommen. Jedes einzelne Jahresmittel weicht von diesem letzteren ab, und hieraus kann man nach der Methode der kleinsten Quadrate den wahr-

scheinlichen Fehler des berechneten mittleren Wasserstandes finden, und zwar eben sowol, wenn letzterer nur aus einem einzelnen Jahrgange, als wenn er aus den vorliegenden 15 oder 16 Jahrgängen hergeleitet wurde. Die nachstehende Tabelle enthält diese Resultate, nämlich in Spalte I die Anzahl der zum Grunde gelegten Jahrgänge, in II den mittleren Wasserstand, wie derselbe sich aus diesen Jahrgängen ergiebt. Die beiden letzten Spalten geben endlich die wahrscheinlichen Fehler der mittleren Wasserstände an, und zwar III denjenigen des einzelnen Jahresmittels und IV den des Mittels aus allen Jahrgängen.

	I.	II.	III.	IV.
Wittower Posthaus . .	15	3 F. 9,1 Z.	0,82 Z.	0,22 Z.
Barhöft	15	3 - 9,0 -	0,68 -	0,18 -
Stralsund	15	3 - 9,0 -	0,78 -	0,21 -
Swinemünde	16	3 - 6,0 -	1,08 -	0,28 -
Colbergermünde . . .	16	4 - 10,1 -	1,08 -	0,28 -
Rügenwaldermünde . .	16	3 - 5,6 -	1,05 -	0,27 -
Stolpmünde	16	2 - 3,3 -	1,39 -	0,36 -
Neufahrwasser	16	11 - 2,6 -	1,09 -	0,28 -
Pillau	16	7 - 7,8 -	1,13 -	0,29 -
Memel	16	1 - 5,8 -	1,33 -	0,34 -
Königsberg	16	7 - 8,4 -	1,41 -	0,37 -
Elbing	16	7 - 7,6 -	1,36 -	0,35 -

Die ersten beiden Stationen liegen, wie in § 7 bereits angegeben ist, neben dem soganannten nördlichen Fahrwasser, welches von Stralsund aus zwischen den Inseln Rügen und Hiddens-Oe nach dem offenen Meere führt. Die Station Elbing befindet sich aber nicht neben der Stadt, sondern ohnfern der Mündung des Hafens, an dem sogenannten Hafenhause.

Auffallend sind die sehr bedeutenden Abweichungen in der Gröfse der wahrscheinlichen Fehler der Mittelzahlen für die verschiedenen Beobachtungsorte. Wo die westlichen Winde das Meer auftreiben, und das Wasser alsdann nicht etwa, wie bei Pillau, in einen ausgedehnten Binnensee eintreten kann, stellen sich die Abweichungen am gröfsten heraus. Dieser überwiegende Einflufs des

Westwindes, der auf der nördlichen Hemisphäre der vorherrsche ist, wird sich auch aus dem Folgenden wieder zu erkennen gel Je nachdem er in einem Jahre mehr oder weniger eintritt, stellt auch der mittlere Wasserstand höher oder niedriger, und der Un schied ist um so gröfser, je mehr der Beobachtungsort dem Einfl des Westwindes ausgesetzt ist.

Merkwürdiger ist noch die Erscheinung, welche sich aus Vergleichung der einzelnen Jahrgänge ergiebt, dafs nämlich mittlere Wasserstand einzelner Jahre sich ungewöhnli hoch und in andern Jahren ungewöhnlich niedrig herausste In dem Jahre 1854 geschah das erste, und im Jahre 1857 das letz Die nachfolgende Tabelle giebt die bezüglichen Differenzen die Jahresmittel gegen den allgemeinen mittleren Wasserstand an.

	1854	1857
Wittower Posthaus . .	+ 1,0 Zoll	— 2,3 Zoll
Barhöft	+ 0,6 -	— 1,2 -
Stralsund	+ 1,9 -	— 1,1 -
Swinemünde	+ 2,6 -	— 2,8 -
Colbergermünde . . .	+ 2,8 -	— 3,2 -
Rügenwaldermünde . .	+ 3,0 -	— 2,9 -
Stolpmünde	+ 3,4 -	— 3,2 -
Neufahrwasser	+ 3,7 -	— 2,5 -
Pillau	+ 3,6 -	— 2,2 -
Memel	+ 3,4 -	— 3,4 -
Königsberg	+ 4,6 -	— 3,0 -
Elbing	+ 3,1 -	— 2,9 -

Hieraus ergiebt sich, dafs in manchen Jahren die Ostsee Allgemeinen einen höheren Stand annimmt, oder mehr mit Was angefüllt ist, als in andern. Die Abweichungen gegen den mit ren Wasserstand sind indessen keineswegs für alle Beobachtun orte gleich grofs, sie stellen sich vielmehr an der östlichen S der Küste viel bedeutender heraus, als in der Nähe des Sundes, dieses Verhältnifs tritt nicht nur bei den positiven, sondern auch den negativen Abweichungen ein. Die gröfsere Erhebung an östlichen Seite ist wieder die unmittelbare Folge der vorherrsch den westlichen Winde, die gröfsere Senkung dagegen erklärt

durch das Abtreiben des Wassers bei östlichen Winden, während die westwärts belegenen Stationen in beiden Fällen sich mehr dem constanten Wasserstande der Nordsee anschliefsen. Die starke Senkung bei Wittower Posthaus rührt vielleicht davon her, dafs bei östlichen Winden die Binnenseen der Insel Rügen sich stark senken, und ihr Inhalt auf der Nord- und Südseite der Insel Hiddensöe einen leichten Abflufs findet, also vor dieser Station die Zuflüsse aufhören, während der Abflufs durch die Gestaltung des Landes sehr begünstigt ist.

Augenscheinlich ergiebt sich aus der Verschiedenheit dieser Abweichungen vom mittleren Wasserstande, dafs die Ostsee vor der Preufsischen Küste in diesen beiden Jahren ganz verschiedene Gefälle hatte. Dafs dieselben dauernd bleiben, ist nicht anzunehmen, sie stellen sich vielmehr nur bei anhaltenden und stärkeren Winden ein, doch mufsten sie alsdann noch gröfser sein, da sie den bedeutenden Einflufs auf die Jahresmittel ausübten.

Sehr wichtig ist ferner die Frage, wie hoch das Wasser in aufserordentlichen Fällen an den einzelnen Stationen steigt, und wie tief es herabsinkt, und hieran schliefst sich die zweite Frage an, welches der wahrscheinliche Werth der im Laufe eines Jahres zu erwartenden höchsten Anschwellung und tiefsten Senkung ist. Zu diesem Zwecke wurden für jede Station die höchsten und niedrigsten Wasserstände, die aufser den um 12 Uhr beobachteten, noch besonders in den Tabellen notirt werden, für jeden Jahrgang zusammengestellt, die absoluten Maxima und Minima derselben gesucht und aufserdem die Mittelzahlen aus allen berechnet. Um jedoch den Einflufs einigermafsen beurtheilen zu können, den das zufällige Zusammentreffen der Witterungsverhältnisse auf die kleine Anzahl der zum Grunde gelegten höchsten und niedrigsten Wasserstände jedes Jahrganges ausübte, sind aus den Abweichungen vom Mittel noch die wahrscheinlichen Fehler der gefundenen Mittelzahlen berechnet. Die nachstehende Tabelle giebt für jeden der zwölf Beobachtungsorte sowol für das höchste, als für das niedrigste Wasser diese Werthe an. Die Spalte I enthält die absoluten Maxima und Minima vergleichungsweise gegen die oben angegebenen mittleren Wasserstände, die Spalte II die Mittelzahlen aus den jährlichen höchsten und niedrigsten Ständen, und die Spalte III die wahrscheinlichen Fehler dieser Mittelzahlen, Alles in Zollen ausgedrückt.

	Höchste W.-St.			Niedrigste W	
	I.	II.	III.	I.	II.
Wittower Posthaus . . .	+ 43	+ 25,3	5,5	— 48	— 28
Barhöft	+ 44	+ 30,7	4,4	— 48	— 33
Stralsund	+ 49	+ 34,2	5,4	— 62	— 37
Swinemünde	+ 54	+ 33,6	7,1	— 47	— 30
Colbergermünde	+ 56	+ 33,9	7,2	— 42	— 28
Rügenwaldermünde . . .	+ 45	+ 29,3	5,4	— 35	— 23
Stolpmünde	+ 51	+ 38,2	5,4	— 36	— 23
Neufahrwasser	+ 45	+ 30,0	6,0	— 32	— 22
Pillau	+ 34	+ 22,3	3,8	— 29	— 18
Memel	+ 48	+ 28,5	7,7	— 28	— 19
Königsberg	+ 55	+ 35,6	6,7	— 38	— 22
Elbing	+ 77	+ 34,8	11,3	— 39	— 24

Vergleicht man diese Werthe mit einander, so ergiebt sich im Allgemeinen der Wasserstand der Ostsee beinahe eben ɛ unter den mittleren herabsinkt, wie er zu Zeiten sich über d ben erhebt. Die durchschnittlich in jedem Jahre eintretende Senkung beträgt im Mittel für die ersten zehn, unmittelbar ɛ See belegenen, Beobachtungsorte 2 Fuſs 2¼ Zoll und die schnittliche höchste Anschwellung daselbst 2 Fuſs 6¼ Zoll, s die Differenz zwischen dem höchsten und kleinsten Wasse durchschnittlich auf 4 Fuſs 9 Zoll stellt. Die einzelnen Be tungsorte ergeben andre Resultate. Das Maximum der Di tritt bei Stralsund ein, wenn Elbing wieder unbeachtet bleibt selbst die Differenz noch etwas gröſser ist. Auffallender sinkt aber bei Stralsund das Wasser durchschnittlich um 3, tiefer herab, als es anschwillt. Der Grund dafür ist ohne Z in den localen Verhältnissen zu suchen, insofern hier in g Weise, wie für Wittower Posthaus bereits erwähnt ist, das W bei keinem Winde stark hinzugetrieben werden kann, ohne d gegenüber einen leichten Abfluſs fände. Bei den beiden mehr wärts belegenen Stationen Wittower Posthaus und Barhöft tri selbe Erscheinung aus gleicher Ursache ein, doch sind hier d schwellungen wie die Senkungen etwas geringer. An allen ü Beobachtungsorten schwillt das Wasser über den mittleren höher an, als es darunter herabsinkt.

Bei Swinemünde und noch mehr bei Colbergermünde, ɛ in geringerem Maaſse bei Stolpmünde ist die Anschwellung

an den übrigen unmittelbar an der See belegenen Stationen. r Swinemünde ist dieses leicht erklärlich, insofern das Ufer hier e tiefe Bucht bildet, in welche entgegenstehende Winde das Was- stark hineintreiben. Dasselbe findet jedoch keinen leichten Ab- nach dem Haffe, weil die Swine nicht nur sehr enge, sondern erdem auch vielfach gekrümmt und über 2 Deutsche Meilen lang Sie erstreckt sich sogar großentheils in einer Richtung, die recht- klig gegen denjenigen Wind gekehrt ist, der die Anschwellung Swinemünde veranlaßte, wobei also der Abfluß nicht befördert, mehr zum Theil sogar gehemmt wird. Colbergermünde und lpmünde liegen dagegen an ziemlich geraden Uferstrecken, wäh- d Rügenwaldermünde nahe auf eine vortretende Ecke trifft. Alle i Orte haben keine ausgedehnte Binnenseen hinter sich, in welche s steigende Wasser eintreten könnte.

Neufahrwasser ist durch die Halbinsel Hela, so wie auch auf r andern Seite durch die nordwärts sich hinziehende Frische Neh- ng und durch das westliche Ufer des Samlandes bis Brüsterort so hr geschützt, daß die Anschwellungen und Senkungen hier nicht deutend sein können. Wenn diese bei Pillau noch kleiner wer- en, so rührt dieses unzweifelhaft davon her, daß die westlichen Winde, welche die Anschwellungen verursachen, gleichzeitig durch die weite Verbindungs-Oeffnung, oder das Tief, das Wasser in das Frische Haff treiben, das in gleicher Richtung über 3 Meilen bis zur Mündung des Pregels sich hinzieht. Auch sein südlicher Theil, das Elbinger Haff genannt, nimmt alsdann große Wassermassen auf. Bei Memel sind die Anschwellungen viel größer, weil das dahinter liegende Curische Haff sich nicht von Westen nach Osten, sondern von Norden nach Süden hinzieht, und die schmale, nahe 2 Meilen lange Verbindung gleichfalls diese Richtung hat. Der Eintritt des Wassers aus der See in dieses Haff kann daher nicht mit derselben Leichtigkeit wie bei Pillau erfolgen. Die Senkungen des Wassers unter den mittleren Stand sind dagegen an diesen beiden Orten nahe dieselben und vergleichungsweise gegen die übrigen Pegelstationen sehr geringe. Die dahinter liegenden Haffe, die bei fallender See reichlich abfließen, verhindern ohne Zweifel die besonders tiefen Wasserstände, und insofern die Ausströmung aus denselben stets viel schwächer bleibt, als die Einströmung bei starkem Sturme, so liefert auch die schmale und lange Mündung des Curischen Haffes noch

die nöthige Wassermenge, um das Wasser vor Memel nicht herabsinken zu lassen.

Bei Königsberg sind die durchschnittlich in jedem Jah kommenden Anschwellungen um 1 Fufs 9 Zoll höher, als in weil hier das auftreibende Wasser nicht weiter abfliefsen kan also stärker ansammeln mufs. Bei Elbing erreichte das Wa Jahre 1855 zwar die ganz ungewöhnliche Höhe von 6 Fufs über dem mittleren Stande, doch wurde dieser hohe Stau nu zufällige äufsere Verhältnisse veranlafst und die höchste jä Anschwellung ist durchschnittlich nicht gröfser, als in Köni

Es dürfte von Interesse sein, die gleichzeitig längs der Küste eintretenden hohen und niedrigen Wasserstände ken lernen. In der nachstehenden Tabelle sind einige derselben mengestellt, doch darf dabei nicht unerwähnt bleiben, dafs di tung und Stärke des Windes nach Angabe der Wasserstan bellen niemals bei allen Stationen sich gleich bleiben, vielfac darin gleichzeitig ganz entgegengesetzte Winde angegeben sin rend doch anzunehmen ist, dafs Irrthümer in dieser Beziehun vorkommen konnten. Häufig ergeben auch die Tabellen, da selbe Wind, der an einem Beobachtungsorte bereits als Str zeichnet ist, an den entfernteren Orten erst am folgende eintritt. Die hier zusammengestellten Wasserstände sind da weilen nicht an demselben, sondern an zwei auf einander fol Tagen abgelesen, doch ist dieses in der nachstehenden Er jedesmal erwähnt, woselbst auch die verschiedenen Angab den Wind im Allgemeinen mitgetheilt sind. Die Zahlen der weisen nach, um wieviel Zolle das Wasser über den mittlere sich erhob, oder sich darunter senkte.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Wittower Posthaus . . .	+ 29	+ 33	+ 43	— 20	— 2[illegible]
Barhöft	+ 27	+ 33	+ 44	— 21	— 2[illegible]
Stralsund	+ 29	+ 33	+ 49	— 24	— 4[illegible]
Swinemünde	+ 30	+ 42	+ 42	— 18	— 1[illegible]
Colbergermünde	+ 32	+ 33	+ 50	— 16	— 1[illegible]
Rügenwaldermünde . . .	+ 28	+ 33	+ 42	— 15	— 1[illegible]
Stolpmünde	+ 39	+ 39	+ 45	— 13	+ [illegible]
Neufahrwasser	+ 30	+ 45	+ 39	— 12	— [illegible]
Pillau	+ 34	+ 30	+ 26	— 12	+ [illegible]
Memel	+ 57	+ 20	+ 27	— 11	+ 1[illegible]
Königsberg	+ 53	+ 36	+ 24	— 14	— [illegible]
Elbing	+ 43	+ 70	+ 29	— 11	— 3[illegible]

Die Spalte I bezeichnet die hohen Wasserstände im März 1849. Maxima traten an den östlichen Stationen am 13, in Memel Königsberg sogar schon am 12, von Colbergermünde ab bis swer Posthaus dagegen erst am 14. März ein. Die Richtung des des wird sehr verschieden angegeben und zwar bald Nord-Nord- bald Nord-Nord-West, bei Memel sogar West. Was die ke des Windes betrifft, so wird derselbe überall als Sturm be- net.

Die zweite Spalte bezieht sich auf die Wasserstände vom 15. 16. März 1850. Der Wind war an allen Beobachtungsorten l-Ost oder Nord-Nord-Ost, und wurde fast überall Sturm ge- t. An den westwärts gelegenen Stationen schwoll das Wasser n am 15. am stärksten an, von Stolpmünde ab bis Memel trat gen das Maximum erst den 16. ein. Auffallend ist die sehr e Höhe bei Elbing.

Bei dem Sturme am 21. und 22. Januar 1858 traten die Was- ände ein, welche die Spalte III angiebt. Der Wind war im meinen nördlich, auf einigen Stationen aber Nord-Ost und selbst Nord-Ost. Der höchste Wasserstand trat wieder an den west- belegenen Punkten früher ein, als an den östlichen.

Die Spalte IV enthält die niedrigen Wasserstände vom 19. April). Der Wind war nur schwach, aber er stand anhaltend in West und West-Süd-West.

Am 26. Juli 1858 traten die in Spalte V angegebenen Was- ände ein. Die Stärke des Windes wird an allen Beobachtungs- als Sturm bezeichnet, seine Richtung aber sehr verschieden geben, nämlich auf den beiden ersten Stationen West, von Stral- bis Stolpmünde West-Süd-West, bei Neufahrwasser, Pillau und el Süd-West. Diese sehr abweichenden Windrichtungen erklä- zum Theil die auffallende Verschiedenheit der Wasserstände. rend die meisten Stationen eine starke Senkung ergeben, so er- sich in Stolpmünde, Pillau und Memel das Wasser über den eren Stand, am letzten Orte sogar um 1½ Fuſs.

Die letzte Spalte VI enthält endlich die zum Theil ganz un- hnlich niedrigen Wasserstände vom 26. Novemher 1861. Der d, der mehrfach Sturm genannt wird, ist meist als Süd, oder Süd-West bezeichnet. Es muſs aber bemerkt werden, daſs bei her Richtung, doch bei gröſserer Stärke desselben, der Pegel

bei Elbing 6 Tage früher — 38 Zoll gegen den mittleren Wasserstand ergeben hatte.

Wenn die Erscheinungen, welche die vorstehende Tabelle nachweist, sich auch keineswegs in allen Einzelheiten sicher erklären lassen, so ergiebt sich daraus doch unverkennbar, dafs das Meer anschwillt, wenn der Wind gegen das Ufer gerichtet ist, und dafs es fällt, wenn in entgegengesetzter Richtung der Wind von der Landseite kommt. Die Anschwellung oder Senkung ist aber um so höher oder tiefer, je heftiger und dauernder diese Winde sind. Ohne Zweifel tritt hierbei nicht nur diejenige Erhöhung des Wasserstandes ein, welche das Auflaufen der Wellen auf den ansteigenden Grund bedingt, und wovon §. 5 die Rede war, sondern die bewegte Luft theilt aufserdem auch der Oberfläche des Wassers eine entsprechende Bewegung mit, und giebt derselben eine sanfte Steigung in dieser Richtung. Wie einfach und natürlich diese Erklärung auch ist, so hat man sich dennoch damit nicht begnügt, und vielmehr die theilweisen Anschwellungen durch den verschiedenen Barometerstand zu erklären versucht. Es leidet auch keinen Zweifel, dafs wenn die Barometerstände an zwei verschiedenen Punkten desselben Meeres von einander abweichen, und eine Ausgleichung in der Atmosphäre nicht erfolgt, dafs alsdann das Wasser unter dem stärkeren Drucke seitwärts ausweichen und eine Erhebung des Wasserspiegels an der Stelle veranlassen wird, die weniger belastet ist. Manche Beobachtungen zeigen in der That den Zusammenhang zwischen dem Wasserstande der See und dem Luftdrucke. Wenn der mittlere Barometerstand mit β bezeichnet wird, so müfste bei einem Barometerstande b der Wasserstand sich über den mittleren um

$$n(\beta - b)$$

erheben, und der Factor n wäre nichts andres, als das Verhältnifs des specifischen Gewichtes des Quecksilbers zu dem des Seewassers. Die auf Veranlassung des Französischen Marine-Ministeriums angestellten Untersuchungen ergaben in der That nach den in Lorient gemachten Beobachtungen $n = 15{,}5$ und nach denjenigen von Brest $n = 12{,}3$. Zu noch genaueren Resultaten führten die Beobachtungen von Toulon, aus welchen Aimé in der That das richtige Verhältnifs $n = 13{,}1$ herleitete.

Wie interessant diese Resultate auch sind, so darf man doch nicht unbeachtet lassen, dafs verschiedene Barometerstände schon a

h entsprechende Luftströmungen oder Winde veranlassen, und dafs
se um so stärker sind, je gröfser die Differenz jener war. Sonach
mmt man auch bei dieser Erklärung wieder auf die frühere zu-
ck. In vielen Fällen bemerkt man aber beim Vergleiche der Was-
rstände verschiedener nicht weit von einander entfernter Orte so
efse Unterschiede, dafs diese sich durch die Differenzen der Ba-
meterstände nicht mehr erklären lassen. Namentlich zeigen die-
s die Beobachtungen in Königsberg und Elbing. Beide Stationen
nd nur 12 Meilen von einander entfernt, die Barometerstände kön-
n daher unmöglich längere Zeit hindurch bedeutend von einander
bweichen, und nichts desto weniger sind die Wasserstände daselbst
ft sehr verschieden. Schon die vorstehende Tabelle weist sowol
n Spalte II, wie in Spalte V Unterschiede von 34 Zoll nach. Sollte
er verschiedene Luftdruck diese veranlafst haben, so müfsten die
Barometerstände an beiden Orten sogar um 2½ Zoll von einander
erschieden gewesen sein. Viel natürlicher ist die erste Erklärung.
Der Sturm aus Nord-Ost, der also in der Richtung des Haffes wehte,
rieb im ersten Falle das Wasser vor Elbing auf, während im zwei-
n Falle der entgegengesetzte Sturm, nämlich aus Süd-West es ent-
ernte, und den Wasserspiegel hier senkte.

Schliefslich mufs noch einer auffallenden Erscheinung gedacht
werden, welche sich aus der Vergleichung der Wasserstände sehr
leutlich ergiebt. Es zeigt sich nämlich, dafs auf sämmtlichen, un-
mittelbar an der See belegenen Stationen der mittlere Wasserstand
nach den Jahreszeiten sich verschieden herausstellt, und dafs
selbst die einzelnen Jahrgänge für die Sommermonate höhere Was-
serstände ergeben, als für die Wintermonate. Die folgende Tabelle
weist diese Verschiedenheit speciell nach, indem sie zunächst an-
giebt, um wieviel Zolle der mittlere Wasserstand jedes Monats wäh-
rend der 15 oder 16 Jahrgänge für jeden Beobachtungsort über oder
unter den oben bezeichneten mittleren Wasserstand fällt. Die letzte
Reihe enthält aber die arithmetischen Mittel aus diesen Differenzen
für die 10 Beobachtungsorte.

	Januar	Februar	März	April	Mai
Wittower Posthaus .	— 1,0	— 0,2	+ 0,3	— 2,1	— 2,5
Barhöft	— 1,2	— 0,8	— 0,8	— 2,8	— 2,2
Stralsund	— 1,7	— 0,7	— 0,3	— 2,0	— 1,7
Swinemünde . . .	— 1,2	— 0,2	+ 1,2	— 1,1	— 2,7
Colbergermünde . .	— 1,3	+ 0,7	+ 0,3	— 2,8	— 3,4
Rügenwaldermünde .	— 1,1	+ 0,9	+ 0,4	— 3,3	— 3,8
Stolpmünde	+ 0,9	+ 2,9	+ 0,8	— 3,5	— 4,8
Neufahrwasser . . .	— 1,8	+ 0,3	+ 0,4	— 3,1	— 3,5
Pillau	— 1,9	+ 0,4	+ 0,7	— 2,6	— 3,6
Memel	— 1,9	+ 0,2	+ 1,9	— 0,1	— 3,5
Im Mittel	— 1,2	+ 0,3	+ 0,5	— 2,4	— 3,2

	Juli	August	Septbr.	Octbr.	Novbr.
Wittower Posthaus .	+ 1,3	+ 1,0	+ 2,6	+ 1,2	+ 1,1
Barhöft	+ 2,1	+ 1,6	+ 2,7	+ 1,2	+ 1,3
Stralsund	+ 2,1	+ 1,3	+ 2,5	+ 1,1	+ 0,3
Swinemünde . . .	+ 2,5	+ 2,1	+ 2,4	0,0	— 0,3
Colbergermünde . .	+ 2,2	+ 1,8	+ 2,8	+ 0,4	+ 0,5
Rügenwaldermünde .	+ 2,1	+ 1,9	+ 2,7	+ 0,6	+ 0,8
Stolpmünde	+ 1,4	+ 1,2	+ 2,1	0,0	+ 0,4
Neufahrwasser . . .	+ 3,0	+ 2,5	+ 3,0	+ 0,3	— 0,1
Pillau	+ 2,8	+ 2,3	+ 2,8	+ 0,4	— 0,1
Memel	+ 1,9	+ 1,8	+ 2,3	+ 0,8	+ 0,9
Im Mittel	+ 2,1	+ 1,7	+ 2,6	+ 0,6	+ 0,5

Die grofse Uebereinstimmung dieser Resultate bei allen
nen, die, wie bereits erwähnt, selbst in den einzelnen Jahr
sich wiederfindet, zeigt unverkennbar, dafs an der ganzen l
schen Ostsee-Küste und wahrscheinlich in der ganzen Ost
Wasserstand im Laufe jedes Jahres sehr bedeutend, nämlic
um 6 Zoll wechselt. Am tiefsten sinkt er im Mai herab ı
höchsten erhebt er sich im September. Es liegt sehr nahe, «
wisse Beziehung zwischen dem Wasserstande und der Erw
des Seewassers anzunehmen, doch dürfte dabei die Nordse
als der normirende Recipient angesehn werden, der dasselbe
und dasselbe Wasser von gleicher Dichtigkeit dauernd beh
Ausgleichung kann vielmehr erst im Atlantischen Ocean

werden, woselbst in Folge der kräftigen Meeresströmungen die Temperatur-Wechsel viel mäſsiger bleiben. Nichts desto weniger ist die Erscheinung unzweifelhaft noch durch andere Verhältnisse bedingt. Die höheren Wasserstände im Februar und März und namentlich im Juli lassen vermuthen, daſs auch die Ergiebigkeit der einmündenden Ströme auf sie groſsen Einfluſs ausübt. Endlich tragen auch die in gewissen Perioden eintretenden Winde und Stürme, welche das Wasser theils in die Nordsee, und theils aus dieser zurück in die Ostsee treiben, wahrscheinlich wesentlich mit bei, um die regelmäſsig wiederkehrenden Anschwellungen und Senkungen zu veranlassen.

Es mag hier noch erwähnt werden, daſs eine ähnliche Beobachtungsreihe auch für das Mittelländische Meer durch Aimé bekannt gemacht ist,*) die sich freilich allein auf den Jahrgang 1843 bezieht. Die mittleren Wasserstände der einzelnen Monate hoben oder senkten sich gegen den mittleren Wasserstand dieses Jahres um

Monat	Rhl. Zoll	Monat	Rhl. Zoll
Januar . .	— 1,00 Rhl. Zoll	Juli . . .	— 2,53 Rhl. Zoll
Februar . .	+ 2,07 - -	August . .	+ 0,92 - -
März . . .	— 2,53 - -	September .	+ 0,92 - -
April . . .	— 2,53 - -	October . .	+ 3,22 - -
Mai . . .	— 2,91 - -	November .	+ 5,14 - -
Juni . . .	— 1,76 - -	December .	+ 0,92 - -

Wenn diese Angaben von den für die Ostsee gefundenen nicht unerheblich abweichen, so ist dennoch eine gewisse Analogie dazwischen nicht zu verkennen.

§. 10.
Meeres-Strömungen.

Abgesehn von den Strömungen vor den Mündungen groſser Flüsse, die man zuweilen noch weit in das Meer verfolgen kann, so wie auch von denen, welche die Fluth und Ebbe namentlich vor einer inselreichen Küste veranlaſst, zeigen sich in den groſsen Weltmeeren noch mächtige Strömungen, welche nicht nur auf die Uferbildung wesentlichen Einfluſs haben, und beim Betriebe der Schifffahrt die höchste Beachtung fordern, sondern die auch die klimati-

*) Comtes rendus de l'Académie des sciences. 1844.

lichen Verhältnisse der Küsten-Länder bedingen und in grofsen Maafse eine Ausgleichung der Temperatur veranlassen. Die Ursachen ihres Entstehens sind nicht immer dieselben. Es mag zunächst von den einfacheren die Rede sein, deren Wirkungen mehr local bleiben, und nicht über grofse Meeresflächen sich verbreiten.

In der Strafse von Gibraltar findet stets eine östliche Strömung*) statt, die also aus dem Atlantischen in das Mittelländische Meer sich ergiefst. Die Segelschiffe, welche das Letztere verlassen wollen, brauchen einen starken östlichen Wind, weil sie sonst den Strom nicht überwinden können, und es geschieht nicht selten, dafs sie mehrere Monate liegen müssen, ehe ihnen der Durchgang möglich wird. Ganz dasselbe ist im Rothen Meere der Fall, welches gleichfalls durch die Strafse Babelmandeb aus dem Indischen Ocean dauernd gespeist wird.

In das Rothe Meer, das beinahe ganz in der heifsen Zone liegt, indem es sich vom 13. bis zum 30. Breitengrade erstreckt, ergiefst sich kein gröfserer Strom. Es findet daher hier ohne Zweifel eine sehr starke Verdunstung statt, und wenn es mit dem Weltmeere nicht in Verbindung stände, so würde es, wie das Todte Meer, weit unter den allgemeinen Meeresspiegel herabsinken und vielleicht ganz versiegen. Da eine solche Verbindung indessen besteht, so erklärt sich der ununterbrochene Zuflufs, indem dadurch die sehr grofsen Wassermassen ersetzt werden, welche durch Verdunstung in die Atmosphäre treten. Diese Erklärung ist indessen in sofern bedenklich, als man wohl annehmen müfste, dafs wenn seit Jahrtausenden Seewasser stets eingeströmt und nur reines Wasser diesem Meere entzogen wäre, dafs alsdann die Salz-Niederschläge das ganze Becken schon angefüllt, und dasselbe in ein mächtiges Salzlager verwandelt haben müfsten.

Bei dem Mittelländischen Meere sind die Verhältnisse wesentlich verschieden, indem eines Theils seine Lage schon mehr nördlich ist und aufserdem auch der Nil, die Donau, die Rhone und andere sehr bedeutende Ströme dasselbe speisen. Manche Thatsachen

*) Die Strömungen werden stets nach den Richtungen bezeichnet, wohin das Wasser fliefst. Die Bezeichnung ist also derjenigen entgegengesetzt, welche man für die Winde gebraucht. Der östliche Strom kommt aus Westen, der östliche Wind dagegen aus Osten. Diese Bezeichnungsart ist nicht nur bei uns, sondern auch in England und Frankreich üblich.

haben hier zu einer andern Erklärung geführt und die Ursache der dauernden Einströmung sehr deutlich erkennen lassen. Schon im Jahre 1712 bemerkte der Befehlshaber eines Französischen armirten Schiffes, dafs ein Niederländisches Fahrzeug, welches er auf der Höhe von Tanger versenkt hatte, kurze Zeit darauf etwa 4 Lieus westlich, also in einer Richtung, die der des sichtbaren Stromes ganz entgegengesetzt war, von den Wellen auf das Ufer geworfen wurde. Aehnliche Erfahrungen sind seitdem verschiedentlich gemacht, wenn auch diese submarine Strömung bisher noch nicht direct beobachtet ist. Am wichtigsten ist eine Untersuchung von Wollaston. Demselben wurde nämlich eine Flasche Seewasser übergeben, das etwa 50 Seemeilen westwärts von der Strafse von Gibraltar und zwar in der Tiefe von 670 Faden oder 4000 Fufs geschöpft war, und in diesem Wasser betrug der Salzgehalt das Vierfache von demjenigen, der sich im Atlantischen Meere vorfindet. Hiernach leidet es keinen Zweifel, dafs im Mittelländischen Meere der Salzgehalt in den verschiedenen Tiefen nicht derselbe ist, er vielmehr mit der Tiefe zunimmt, und sonach das Wasser in seinen obern Schichten specifisch leichter ist, als in den untern. Im Atlantischen Meere findet eine solche Verschiedenheit nur in geringem Maafse statt, weil hier die grofsen Strömungen, von denen später die Rede sein wird, so wie auch die kräftige Fluth und Ebbe die ganze Masse mehr in Bewegung setzen und daher solche verschiedenartige Schichtung verhindern. Indem nun diese beiden Meere durch eine Oeffnung von 7 Seemeilen Breite und vielleicht 400 Fufs Tiefe mit einander verbunden sind, so kann es nicht fehlen, dafs die schwerere untere Schicht nach dem Atlantischen Ocean abfliefst und dadurch ein submariner mächtiger Strom entsteht. Indem dieser sehr grofse Wassermassen abführt und dadurch den Spiegel des Mittelländischen Meeres senkt, so erfolgt in der Nähe der Oberfläche die starke Einströmung, welche der Augenschein erkennen läfst. Letztere erklärt sich also selbst in dem Falle, dafs die Verdunstung durch die Ergiebigkeit der Zuflüsse aus den umgebenden Küsten-Ländern vollständig gedeckt werden sollte. Aehnliche Verhältnisse sind auch an der Mündung des Rothen Meeres sehr wahrscheinlich.

Eine andre wichtige Strömung, der Aequatorial-Strom, durch die Drehung der Erde veranlafst, findet in der heifsen Zone oder zwischen den Wendekreisen statt. Er bewegt das Wasser von

Osten nach Westen mit der mäfsigen Geschwindigkeit von etwa 10 Seemeilen oder 2½ Deutschen Meilen in 24 Stunden. Schon Columbus bemerkte ihn auf seiner dritten Reise. Sein Zusammenhang mit den Passatwinden steht wohl aufser Zweifel, ob er aber durch diese, also nur durch Adhäsion der Luft, verursacht wird, oder ob dieselbe Ursache beide Strömungen erregt, ist nicht entschieden. Luft wie Wasser strömen vielfach aus höheren Breiten dem Aequator zu. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde ist hier aber gröfser, als in den höheren Breiten. Luft und Wasser kommen daher mit Geschwindigkeiten an, die denen der Erde noch nicht entsprechen, und drehen sich folglich minder schnell um die Achse der Erde, als die Erde selbst, oder sie bewegen sich vergleichungsweise gegen die feste Masse der Oberfläche von Osten nach Westen.

Von viel gröfserer Bedeutung sind diejenigen Strömungen in den grofsen Meeren, die vollständige Kreisläufe beschreiben, sehr verschiedene Breiten-Grade berühren und den wesentlichsten Einflufs auf die Ausgleichung der Temparaturen ausüben. Der bekannteste und vielleicht der bedeutendste unter diesen ist der Golfstrom, der im Mexicanischen Meerbusen seinen Anfang nimmt, längs der östlichen Küste von Nordamerika bis gegen Neufundland sich hinzieht und sich von hier ostwärts wendet. Boston gegenüber hat er die Breite von 80 Seemeilen und seine Geschwindigkeit mifst stellenweise mehr als 4 Knoten,*) oder über eine geographische Meile

*) Die Seemeile entspricht einer Minute des Meridian-Kreises, sie ist daher dem vierten Theile einer geographischen oder Deutschen Meile gleich und annähernd auch gleich dem vierten Theile einer Preufsischen Meile oder 500 Ruthen lang. Der Seemann mifst die Fahrt oder die Geschwindigkeit seines Schiffes mit dem Log, das nach seiner gewöhnlichen, auch jetzt noch allgemein üblichen Einrichtung im zweiten Theile dieses Handbuches §. 62 beschrieben und Fig. 75 dargestellt ist. Die Leine, woran das Log hängt, ist mit numerirten Knoten versehn, die 50 Fufs von einander entfernt sind. Der erste Knoten ist aber in solchem Abstande vom Log angebracht, dafs letzteres der unmittelbaren Einwirkung der Bewegung des Schiffes nicht mehr ausgesetzt ist, sobald dieser Knoten durch die Hand des Matrosen gleitet. In dem Augenblicke, wenn dieses geschieht, kehrt der Schiffsjunge, der daneben steht und die Sanduhr hält, die letztere um, so dafs nunmehr die Zeitmessung beginnt. Die Sanduhr läuft in einer halben Minute ab, und die Anzahl der Knoten, die während dieser Zeit durch die Hand des Matrosen laufen, bezeichnen die Fahrt des Schiffes. Der Matrose hält aber beim Ablaufen der Uhr die Leine sogleich fest, und kann sonach auch halbe und Viertel Knoten ablesen. Die Anzahl der Knoten mit 50 multiplicirt giebt den Weg an, den das Schiff in einer halben Minute macht,

in der Stunde. Weiter nordwärts wird er schwächer, indem er sich zugleich erweitert oder an Breite zunimmt. Es ergiebt sich hieraus, welchen wesentlichen Einfluſs er auf die höchst frequente Schifffahrt zwischen Europa und Nord-Amerika haben muſs. Schiffe, die nicht gerade zum Schnellsegeln eingerichtet sind, können nur bei günstigem und frischem Winde gegen ihn aufkommen, sonst werden sie mit ihm fortgerissen, und indem die ganze Wassermasse um sie in gleicher Bewegung ist und die Ufer meist viel zu weit entfernt sind, um noch gesehn zu werden, so bemerken die Schiffer gar nicht die starke Strömung, von der sie in ganz andrer Richtung, als sie zu fahren glauben, fortgerissen werden. Noch im Anfange dieses Jahrhunderts war es allgemein üblich, daſs Schiffe, die von Europa aus nach Newyork, Boston und andern Häfen bestimmt waren, mit Rücksicht auf diesen Strom nicht den directen Weg einschlugen, vielmehr südwärts fuhren, bis sie hinter den Canarischen Inseln den Passatwind erreichten, der sie nach den Westindischen Inseln und endlich in den Golfstrom brachte. Mit diesem trieben sie alsdann soweit nordwärts, bis sie ihren Bestimmungsort erreichten. Dieser Vorsicht unerachtet gehörte es dennoch nicht zu den Seltenheiten, daſs sie vom Strome zu weit getrieben wurden, und daſs alsdann nichts übrig blieb, als dem Strome noch weiter bis in die Nähe von Irland zu folgen und den ganzen Weg nochmals zu machen.

Indem die Wassermasse, welche das Schiff umgiebt, dieselbe Bewegung hat, so ist letztere durch das Log nicht zu erkennen, eben so wenig ist es aber auch möglich, das Schiff mit Ankern am Grunde des Meeres festzuhalten, weil die Tiefe viel zu groſs ist. Man hatte jedoch schon früher bemerkt, daſs die Strömung, wenigstens stellenweise, nicht bis zu unerreichbaren Tiefen sich fortsetzte, und daſs daher kleine Böte, wenn von solchen aus recht groſse beschwerte Kessel tief herabgelassen wurden, sehr heftig gegen den Strom trieben, also mehr oder weniger dem Einflusse desselben entzogen wurden. Im Allgemeinen lieſs sich die Richtung und Stärke des Stromes nur aus astronomischen Beobachtungen erkennen, indem

---

diese Länge mit 120 multiplicirt bezeichnet den in einer Stunde zurückgelegten Weg, und jeder einzelne Knoten entspricht alsdann dem Wege von 6000 Fuſs oder einer Seemeile. So giebt die Anzahl der Knoten unmittelbar an, wieviel Seemeilen das Schiff in einer Stunde durchläuft.

der Weg, den das Schiff nach den letzteren, also wirklich zurückgelegt hatte, mit dem Wege verglichen wurde, den das Besteck, also der Compas und das Log ergab. Hierdurch war die Strömung nach ihrer Richtung und Stärke, die sie an verschiedenen Stellen hat, bekannt geworden und dem Schiffer das Mittel geboten, derselben in der passendsten Weise sich zu entziehn, oder sie zu benutzen.

Der Schiffer kann indessen noch in andrer Weise sicher erkennen, ob er in diesem Strome sich befindet, und hierzu dient das Thermometer. Der Strom, der das stark erwärmte Wasser aus dem Mexicanischen Meerbusen nordwärts führt, hat eine bedeutend höhere Temperatur, als das umgebende Seewasser. Es kommt also nur darauf an, die Temperatur des Wassers oft zu messen, so ergiebt sich leicht, ob das Schiff bereits in den Strom getreten ist. Aufserdem giebt auch schon die äufsere Erscheinung der Oberfläche sehr auffallend den Strom und zuweilen sogar seine scharfe Begrenzung zu erkennen, so dafs man häufig mit voller Sicherheit wahrnehmen kann, dafs das Schiff in ihn einfährt. Das Wasser des Stromes ist wegen des stärkeren Salzgehaltes, ohnerachtet seiner vollkommenen Klarheit dunkelblau gefärbt, und die darauf schwimmenden Körper werden aus dem Strome nach seinen Ufern, also nach dem stehenden Wasser daneben getrieben, woher bei ruhiger Witterung die Begrenzung sich durch einen mehr oder minder breiten Streif von schwimmenden Gräsern u. d. gl. markirt. Diese Erscheinung ist leicht erklärlich. Wie in einem Glase mit warmem Wasser, das man in ein kaltes Zimmer stellt, die Abkühlung in der Oberfläche und an den Seitenwänden beginnt, und neben den letzteren das kältere und folglich schwerere Wasser herabsinkt, während das wärmere in der Achse des Glases ansteigt, wodurch eine Strömung entsteht, die in der Oberfläche von der Mitte aus nach den Rändern gerichtet ist, so geschieht dieses auch in der Wassermasse des Golfstromes, und alle darauf schwimmenden Gegenstände werden nach seinen beiderseitigen Rändern hingetrieben. Man hat die Erscheinung mit dem Verhalten von schweren Körpern verglichen, die auf dachförmig gegen einander gelehnte Flächen geworfen werden, und nach der einen oder der andern Seite herabrollen.

Ich gehe nunmehr zur nähern Bezeichnung dieses Stromes über, indem ich für den Hauptheil desselben, der sich längs der Küste

rd-Amerika hinzieht, die bei Gelegenheit der Küsten-Ver-
gemachten Beobachtungen benutze.*) In dem Mexicani-
eerbusen beginnt der Strom, woselbst in Folge der erwähn-
uatorial-Strömung das Wasser sich anhäuft, das bei zuneh-
Erwärmung noch um so höher anschwillt. Es findet seinen
n der Bahama-Strafse, indem es zwischen der gleichnami-
l und der Halbinsel Florida hinaustritt. Anfangs strömt
nordwärts, indem es von der zurücktretenden Küste von
bis 100 Seemeilen entfernt bleibt. Der Strom ist zunächst
ı 50 Seemeilen breit, und hier hat er die gröfste Geschwin-
die bis 5 Knoten, also 1¼ Deutsche Meile in der Stunde be-
ängs Süd- und Nord-Carolina ist er parallel zur Küste, da-
östlich gerichtet. Er verbreitet sich hier aber sehr stark,
n Theil des Wassers schon unter dem 30. Breitengrade sich
:h Osten wendet. Dem Cap Hatteras gegenüber, in Nord-
, beträgt seine Breite schon 450 Seemeilen, doch ist in der-
ie Strömung nicht überall gleich stark, vielmehr befinden
in drei tiefere Schläuche, die mehr oder minder ostwärts
sind, und in welchen sowohl die Geschwindigkeit, als die
tur viel bedeutender sind, wie in den zwischenliegenden
ächen. Unter den verschiedenen Messungen der Wärme des
mag eine angeführt werden, die etwas weiter nordwärts,
unter dem 36. Breitengrade angestellt ist. Die Temperatur
)berfläche des Stromes war 23¼ Grade Réaumur, in 100 Fa-
'e 17¼, in 200 Faden 15, in 300 Faden 13¼, in 400 Faden
in 500 Faden oder in der Tiefe von 3000 Fufs 8¼ Grade R.
ıende Wasser zur Seite hatte zwar im Meeresspiegel die
mperatur von 22¼ Graden, indem wahrscheinlich die er-
Oberfläche des Stromes seitwärts überflofs, in der Tiefe von
n zeigte das Thermometer aber nur noch 8 und bei 500 Fa-
3 Grade.

: Strom tritt demnächst, indem er immer schwächer wird,
ie Bank von Neufundland. In seiner Oberfläche hat er noch
ıparatur von 17 Graden, während das Meer daneben nur etwa

---

*) D. Bache, lecture on the Golf Stream, prepared at the Request of the
n Association for the Advancement of Science, in Silliman's Americain
November 1860.

auf 8 Grade erwärmt ist. Hier wendet er sich ganz östlich und zum Theil sogar südöstlich nach den Azorischen Inseln. Der erste Theil erreicht die Europäische Küste, namentlich Irland, woselbst er während des Winters die milde Temperatur veranlafst, die im auffallendsten Gegensatze mit der Kälte an der Amerikanischen Küste von Labrador steht, obwohl beide unter gleichem Breitengrade liegen. Hier sind die Winter viel strenger und anhaltender, als im nördlichen Deutschland, während in Irland, wie bekannt, die Myrtl ein Gartengewächs ist, das keines Schutzes bedarf. Doch auch andre Küsten von Europa empfinden den wohlthätigen Einflufs des Golf-Stromes. Er tritt in den Canal zwischen England und Frankreich ein, umströmt andrerseits die Hebridischen Inseln, erreicht die Küste von Norwegen, und selbst in Nova-Zembla und Spitzberg wird die Temperatur durch ihn gemildert.

Derjenige Theil des Golf-Stromes, der sich vor der Bank von Neufundland südöstlich nach den Azoren wendet, oder schon früh diese Richtung annahm, streicht den Canarischen und Cap-Verdischen Inseln vorbei und tritt hier in die bereits erwähnte Aequatorial-Strömung wieder ein, die ihn aufs Neue dem Mexicanischen Meerbusen zuführt. So bildet sich zwischen Nord- und Süd-Amerika und Africa mitten im Atlantischen Ocean ein vollständiger Kreislauf des Wassers, und in der Mitte desselben, wo die Bewegung fast ganz aufhört, ist die Oberfläche in einer Ausdehnung, die (von ganz Europa nahe gleichkommt, mit schwimmendem See-Tang bedeckt, die ihr das Ansehn einer Wiese giebt. Diese Stelle nennt man das Sargasso-Meer.

Fragt man nach der Ursache, weshalb der Golfstrom von der Küste von Nord-Amerika sich ostwärts wendet, so ist die Antwort dafür von A. v. Humboldt gegeben und dieselbe findet auch auf die übrigen Meeres-Strömungen entweder unmittelbar oder im entgegengesetzten Sinne Anwendung. Das Wasser, welches im Golf von Mexico sich ansammelt, hat hier beinahe die hohe Umdrehungs-Geschwindigkeit der Erde, die dem 24. Breitengrade entspricht, angenommen. Indem es von hier nordwärts fliefst, gelangt es in höhere Breiten, wo die Umdrehungs-Geschwindigkeit der Erd-Oberfläche geringer wird. Diese ist auf der Bank von Neufundland bedeutend kleiner, als im Mexicanischen Meerbusen, beide verhalten sich zu einander etwa wie 9 zu 7. Das Wasser eilt daher

…licher Richtung der Erde voran, oder der Strom wendet sich …wärts.

… Einen wesentlichen Einflufs auf alle diese Strömungen übt …erdem die verschiedene Erwärmung des Wassers aus. Zwei …ermassen, von denen eine stärker erwärmt und daher specifisch …ter ist, als die andere, können in freier Berührung sich nicht … Gleichgewicht halten. Wären sie durch eine Scheidewand von …der getrennt, die nur am Boden mit einer Oeffnung versehn …, so könnte, von der Mittheilung der Wärme abgesehn, das Gleich…wicht eintreten, indem die wärmere Masse einen höheren Stand …mmt, also vor der Oeffnung auf beiden Seiten ein gleicher Druck … darstellt. Sobald aber die Scheidewand entfernt, oder die Ver…dung in der Oberfläche dargestellt wird, so wird hier das höhere …veau des wärmeren Wassers überfliefsen. Ganz abgesehn von der …hung der Erde müssen sich daher in grofsen Meeren zwei Ströme …den, von denen der obere nach dem Pole und der untere, nahe … dem Meeresgrunde, nach dem Aequator gerichtet ist. Diese …den Ströme werden aber aufser der nördlichen oder südlichen …chtung, die sie ursprünglich haben, in Folge der Umdrehung der …de noch östlich oder westlich sich wenden, je nachdem sie nach …em Pole oder nach dem Aequator gerichtet sind.

Auch im Atlantischen Ocean giebt es einen solchen von Nor…n nach Süden gerichteten kalten Strom, der theils auf der …seite von Grönland und theils durch die Davis-Strafse eintritt, …d in Folge des südlichen Laufes in den niedrigeren Breitengraden …ch westwärts wendet. An der Grenze der Bank von Neufundland …gegnet er dem warmen Golf-Strome und kreuzt denselben, indem … am Grunde des Meeres unter ihm fortgeht. Er führt die gewal…gen Eisberge mit sich, welche auf dem Wege zwischen Europa …d Nord-Amerika so sehr gefürchtet werden. Diese tauchen so …f ein, dafs sie von dem unteren kalten Strome noch mehr, als … dem oberen getrieben werden, und sich daher scheinbar mit …ofser Geschwindigkeit durch das Wasser bewegen. Die Schiffe, … nur der Einwirkung des obern Stromes ausgesetzt sind, werden …ber mit Heftigkeit gegen diese Eismassen getrieben, und die Ge…hr des Zusammenstofses ist um so gröfser, als die starke Abküh…lung der Temperatur meist dichte Nebel veranlafst, welche das an…treibende Gebirge nicht erkennen lassen.

Bei der grofsen Ausdehnung der Schiffahrt hat man in neuerer Zeit noch mehrere ähnliche, theils warme und theils kalte Strömungen entdeckt, unter denen hier nur einer auf der südlichen Hemisphäre erwähnt werden mag, der nach seinem Entdecker der Humboldt-Strom genannt wird. Er verfolgt die westliche Küste von Süd-Amerika vor Chili und Peru. Seine Temperatur beträgt selbst in der heifsen Zone nur 12½ Grade Réaumur, während das Meer daselbst um volle 10 Grade wärmer ist. Sein Einflufs auf das Klima der Küsten-Länder ist daher auch nicht zu verkennen. Er verläfst das Ufer nicht früher, als bis dasselbe unter dem 5. Grade südlicher Breite sich von Nord-West nach Norden wendet. Hier nimmt er die westliche Richtung an und bildet den Anfang der Aequatorial-Strömung im Stillen Ocean.

Endlich mufs noch auf eine Meeres-Strömung hingewiesen werden, die, wenn sie vergleichungsweise zu den bezeichneten auch sehr geringfügig ist, und sogar häufig durch entgegenstehende Winde ganz zurückgedrängt wird, dennoch dem Preufsischen Baumeister weit näher liegt, indem sie den wesentlichsten Einflufs auf die Ausbildung der Ostsee-Küste ausgeübt hat und noch ausübt. Ihre Wirkungen fordern sowol bei Hafen-Anlagen als beim Schutze der Seeufer die höchste Beachtung.

Auf der Preufsischen Ostsee-Küste wiederholt sich mehrfach die Haff-Bildung. Weite Buchten, die vielleicht in frühester Zeit weniger vom Meere getrennt waren, sind durch lange schmale Landzungen, Nehrungen genannt, von demselben geschieden. Am vollständigsten zeigt sich dieses in der Provinz Ost-Preufsen, wo das Frische und das Curische Haff bis auf je eine sehr schmale Oeffnung von der See getrennt sind. Auch die Bucht vor Danzig ist von der Westseite aus durch eine ähnliche Nehrung zum Theil abgeschlossen, doch tritt diese nicht bis in die Nähe des gegenüberliegenden Ufers, vielmehr läfst sie eine 5 Meilen breite Oeffnung noch frei, so dafs sie, wie es scheint, nur den Anfang einer Haff-Bildung bezeichnet. Ueber die Ursache dieser auffallenden Begrenzungen des Meeres wird später bei Gelegenheit der Seeufer die Rede sein, sie werden hier nur wegen der eigenthümlichen Erscheinung erwähnt, dafs alle drei Nehrungen auf der westlichen oder südwestlichen Seite sich an das feste Land anschliefsen und die Verbindung mit der See auf der östlichen oder nördlichen Seite statt findet.

s aber darauf aufmerksam gemacht werden, dafs dieses
Maafse auch bei dem Frischen Haffe statt findet, denn
lie Mündung desselben von der Nordseite her eine ähn-
runge entgegentritt, so besteht diese doch nicht aus auf-
ltem Sande, vielmehr aus gewachsenem Thonboden, der
Entfernung von Pillau schon zu Tage liegt.
kommt, dafs die Sand- und Kiesablagerungen vor scharf
n Ufer-Ecken, wie vor Darserort, ohnfern der Mecklen-
Grenze, und vor Brüsterort auf der nordwestlichen Ecke
des, gleichfalls Richtungen haben, welche denen der Neh-
sprechen.
ist die Voraussetzung sehr gegründet, dafs bei diesen
so wie auch bei den Hacken, die übereinstimmenden Rich-
ch eine gemeinsame Ursache veranlafst sind, und solche
füglich eine andre sein, als die Strömung, die längs der
en Küste und vor dem Danziger Regierungs-Bezirke von
ch Osten gerichtet ist, die sich von hier aber, indem sie
olgt, nordwärts wendet. Der Zusammenhang zwischen
strömung und der Sandablagerung wird später nachge-
den.
dem giebt es noch vielfache Thatsachen, welche das Vor-
der bezeichneten Küstenströmung unzweifelhaft darthun.
imme oder Molen, welche die Mündungen unserer Häfen
Seiten einschliefsen, versanden an der westlichen oder
eite stärker, und hier rückt der Strand in Folge dessen
ler vor, als an der entgegengesetzten Seite. Wenn man
Witterung den ausgehenden Strom bei Pillau beachtet,
man sehr deutlich, dafs er sich sogleich nordwärts wen-
alle darauf schwimmende Körper werden in derselben
etrieben. Es wird auch stets Klage geführt, dafs die See-
ler Nordseite von Pillau oft süfses Wasser haben, wäh-
ler gegenüberliegenden Nehrung und zwar unmittelbar
Mündung des Haffes das Seewasser ganz rein ist.
diese Umstände die Existenz eines vorherrschenden Kü-
schon früher aufser Zweifel stellten, so hat dieselbe noch
ende Bestätigung gefunden, die zugleich unmittelbar die
ng dieses Stromes nachweist. Im Sommer 1834 maafs
von Humboldt auf einer Seereise von Swinemünde nach

Königsberg die Temperatur des Wassers. Dieselbe war bei Swine-münde 18½ Grad Réaumur, bei Treptow 16¼ Grad, zwischen Le[illegible] und Rixhöft sank sie plötzlich auf 9¼ und sogar bis 9 Grade her[illegible] während sie östlich von Hela wieder 17¾ Grade gefunden wur[illegible] Die starke Abkühlung des Wassers neben der vortretenden U[illegible] Ecke zwischen Leba und Rixhöft konnte natürlich nur die Fo[illegible] eines hier eintretenden kalten Stromes sein, der sich wahrscheinl[illegible] in geringerem Maafse, wie die vorhergehende Beobachtung and[illegible] tet, schon weiter westlich bemerken liefs. Ueber den Ursprung [illegible] ses kalten Stromes kann man nicht zweifelhaft sein, er bewegt [illegible] längs der östlichen Küste Schwedens von Norden nach Süden [illegible] trifft, indem er zwischen den Inseln Oeland und Gottland hind[illegible] geht, den bezeichneten Theil der Preufsischen Küste. Sein Ein[illegible] auf die klimatischen Verhältnisse hat sich seitdem auch herau[illegible] stellt, indem die mittlere Temperatur bei Neustadt merklich g[illegible] ger, als an andern Beobachtungsorten in der Umgebung ist.

Die Ostsee in Verbindung mit dem Bothnischen Meerbusen [illegible] streckt sich von Süden nach Norden und zwar vom 54. bis zum 66. [illegible] tengrade, ihre Ausdehnung in dieser Richtung umfafst also 12 G[illegible] und es kann nicht fehlen, dafs sehr bedeutende Temperatur-D[illegible] renzen zwischen beiden Endpunkten statt finden. Es wird also [illegible] südliche kalte und eine nördliche warme Strömung eintreten [illegible] sen. Die erste bewegt sich in einer Richtung, wo die Umdrehu[illegible] Geschwindigkeit der Erde gröfser wird, sie kann derselben [illegible] folgen und wird daher an das westliche Ufer der Ostsee gedrä[illegible] die zweite dagegen gelangt in Gegenden, wo diese Geschwindig[illegible] geringer wird, sie eilt also der Erde voran und lehnt sich an [illegible] ostwärts belegenen Ufer. Hierdurch erklärt sich nicht nur [illegible] nördliche Strömung vor Pillau und Memel, sondern auch die [illegible] liche längs der Pommerschen Küste bis zur Bucht vor Danzig.

§. 11.

Meerestiefen, Salzgehalt und erdige Beimengung[illegible] des Seewassers.

Mäfsige Tiefen des Meeres werden, wie bereits im zwei[illegible] Theile dieses Handbuches §. 60 erwähnt ist, mit dem gewöl[illegible]

chen Lothe gemessen. Die Beschreibung der sehr einfachen inrichtung desselben ist schon gegeben worden. Bei gröfseren iefen und namentlich wenn man durch die Sondirung zugleich die eschaffenheit des Grundes erkennen will, so dafs der Sand oder e Muscheln an dem Talgklumpen haften sollen, den man in die öhlung der untern Fläche des Lothes eingestrichen hat, darf man as Letztere nicht mehr während der Fahrt auswerfen, das Schiff ıufs vielmehr angehalten werden, oder die Lothung erfolgt von inem Boote aus. Bei sehr grofser Tiefe führt indessen auch diese 'orsicht' zu keinem Resultate. Die Leine mufs nämlich hinreichend tark sein, damit man an ihr das Loth wieder heben kann, sie mufs uch specifisch schwerer, als das Seewasser sein, weil sie sonst bei gewisser Tiefe das weitere Herabsinken des Lothes verhindern würde. Hierdurch vermehrt sich nach und nach das Gewicht, welches der letzte Theil der Leine zu tragen hat, so sehr, dafs diese endlich zerreifst. Namentlich geschieht dieses, wenn das Loth an sich schon ein bedeutendes Gewicht hat, ein solches ist aber nothwendig, weil es sonst nicht schnell genug herabsinken, vielmehr der Faden durch die Strömungen, die er in den verschiedenen Wassertiefen antrifft, seitwärts ausgezogen werden würde. Indem man früher stets der Ansicht folgte, dafs an der Leine das ganze, schwere Loth wieder gehoben werden müsse, und daher diesem das nöthige Gewicht nicht gegeben wurde, so ist vielfach der Irrthum vorgekommen, dafs Stellen im Meere, die namentlich von heftigen Strömungen getroffen werden, unmefsbar tief zu sein schienen, weil die Lothleine ihrer grofsen Länge unerachtet bei jedem Versuche vollständig auslief, während spätere Messungen eben daselbst doch nur sehr mäfsige Tiefen ergaben, die mit jenen Leinen bald hätten erreicht werden müssen.

Der Versuch, die Leine so zu befestigen, dafs sie sich von selbst vom Lothe löst, sobald dieses den Grund berührt, war in sofern sehr mifslich, als nicht nur die wichtige Frage in Betreff der Beschaffenheit des Meeresgrundes alsdann ganz unbeantwortet blieb, sondern aufserdem war es auch jedesmal zweifelhaft, ob das Loth wirklich den Boden erreicht, oder ob vielleicht in Folge anderer Zufälligkeiten es sich von der Leine gelöst hatte.

Die Einrichtung, welche man gegenwärtig meist als die zweckmäfsigste zur Messung grofser Wassertiefen ansieht, ist der von

Brooke angegebene Apparat. Er beruht darauf, dafs der ü
wiegend gröfste Theil des Gewichtes sich vom Lothe
sobald dieses auf den Grund stöfst, der übrig bleibende ge
Theil desselben bleibt aber an der Leine befestigt und brin
Proben des Bodens mit herauf, die daran haften, oder auch
durch besondere Vorrichtungen davon gefafst werden. Fig. 25
diesen Apparat, und zwar *A* in dem Falle, dafs die schwere
daran noch hängt, also während des Herablassens, und *B*
Stellung, die er annimmt, wenn das Loth in den Boden ein
und die Kugel sich bereits gelöst hat. Die massive eiserne
ist nach Maafsgabe der erwarteten Tiefe 30 bis 60 Pfund s
Sie ist diametral durchbohrt, und das Loth, das aus einer
Eisenstange besteht, und unten mit der Oeffnung zum Einst
des Talges versehn ist, reicht durch die Kugel hindurch u
soviel Spielraum, dafs es ohne Hindernifs aus derselben he
zogen werden kann. An zwei beweglichen Armen ist es
Leine verbunden. Diese Arme sind aber noch mit zwei
Nebenarmen versehn, auf welche Ringe aufgezogen werden,
telst zweier kurzen Leinen einen eisernen Ring tragen, auf
Kugel während des Herabsinkens ruht. Sobald der aus de
vortretende untere Theil des Lothes auf den Boden aufstöfs
die Lothleine schlaff wird, so zieht die schwere Kugel die
Arme herab, und dadurch verlieren die auf die Nebenarme
nen Ringe ihre Unterstützung, sie fallen nieder und mit ih
gleich die Kugel. Windet man nunmehr die Leine auf, s
sich das Loth durch die Kugel hindurch und folgt der Lein
rend die Kugel auf dem Meeresgrunde liegen bleibt.

Man hat versucht, statt der gewöhnlichen Lothleinen
Schnüre, auch Eisendrähte zu benutzen, doch ist man zu de
ren wieder zurückgekehrt. Man verfertigt dieselben in sehr
Längen, so dafs sie zuweilen zwei Deutsche Meilen lang si
dennoch giebt es im Atlantischen Meere manche Stellen, w
selbst mit diesen keinen Grund erreicht hat. Maury meint,
tiefste Stelle zwischen dem 35. und 40. Grade nördlicher Bre
zwar im Süden der Bank von Neufundland sich befinde.*)

Dafs auch beim Gebrauche dieses Lothes Täuschunge

---

*) The physical geography of the Sea. Cap. XII.

möglich sind, unterliegt keinem Zweifel. Die Leine darf nicht ganz schlaff nachgelassen werden, vielmehr mufs sie durch das Gewicht immer einigermaafsen gespannt bleiben, weil man sonst nicht unterscheiden kann, in welcher Tiefe das Loth den Grund erreicht. Nachdem Letzteres erfolgt ist, wird wieder die Leine von den Strömungen gefafst und indem sie seitwärts treibt, so zieht sie sich in ähnlicher Weise aus, als wenn das Loth noch frei herabsänke. Einigermaafsen kann man freilich aus der Gleichförmigkeit der Bewegung auf das dauernde Sinken des Lothes schliefsen, indem man die Zeit des Vorüberganges jedes Knotens beobachtet. Diese Knoten sind in Abständen von 100 Faden angebracht. Nach Maury's Mittheilung sinkt das Loth mit zunehmender Geschwindigkeit herab, so dafs es anfangs viel langsamer fällt als später, was wegen der zunehmenden Reibung des Fadens gegen das Wasser unerklärlich scheint.

Ein anderes Instrument, das bei den Tiefenmessungen vor der Amerikanischen Küste noch in neuster Zeit benutzt wurde, stimmt wesentlich mit dem längst bekannten Patent-Lothe überein. Das Instrument ist in einen flachen und breiten Behälter eingeschlossen, damit es beim Herabsinken keine drehende Bewegung annimmt. Aus dem obern Theile ragt eine Achse heraus, an der sich mehrere schraubenförmig gekrümmte Flächen oder Flügel befinden, die beim Niederfallen des Instrumentes sich umdrehn und, wie beim Woltman'schen Flügel, mehrere Zeiger in Bewegung setzen, welche die Anzahl der Umdrehungen jener Achse angeben. Am untern Ende ist eine Scheibe angebracht, die, sobald sie den Meeresgrund berührt, das erste Getriebe ausrückt, so dafs beim Wiederaufziehn des Instrumentes keine weitere Bewegung markirt wird. Saxton hat noch die Aenderung eingeführt, dafs aus der obern Fläche zwei Flügelwellen heraustreten, die sich in entgegengesetzten Richtungen mit gleichen Geschwindigkeiten drehen. Hierdurch wird die Drehung des ganzen Instrumentes, die demselben durch den einzelnen Flügel mitgetheilt werden könnte, vollständig aufgehoben.

Dieses Instrument hat ohne Zweifel manche Vorzüge vor dem obigen Lothe. Beim Herabsinken behält es seine aufrechte Stellung, wofür theils durch angemessene Vertheilung der Gewichte gesorgt werden kann, und theils geschieht dieses auch schon, indem die lange Leine specifisch leichter ist und eine bedeutende Reibung

im Wasser erfährt. In Folge dieser Stellung hängt die Drehung d Flügelwellen allein von dem Wege ab, der in vertikaler Richtu zurückgelegt wird, die horizontalen Versetzungen haben darauf ke nen Einfluſs, und eben so wenig macht es auch einen Unterschie ob das Instrument schneller oder langsamer herabfällt. Man läſ es daher möglichst frei fallen, indem man groſse Massen Leine herabwirft. Ein Uebelstand ist nur, daſs es wegen seines Gewic tes eine starke Leine zum Aufholen nöthig macht, und daher b den gröſsten Tiefen kaum noch zu gebrauchen sein dürfte. Auſse dem ist es schwierig, dabei die Vorrichtung zum Auffangen vo Proben des Grundes anzubringen.

Das gewöhnliche Loth ist am Boden mit einer Oeffnung ve sehn, die sich nach innen erweitert, damit der Talgklumpen, d man einstreicht, darin fest haftet. Man läſst diesen Klumpen etv 3 Linien weit vor den umgebenden Rand vortreten, damit er si scharf auf den Grund des Meeres aufsetzt und kleinere Körper si darin eindrücken und daran haften. Sand, Kies, kleine Musch u. d. gl. werden auf diese Art gefaſst und heraufgezogen. Ein ster Felsboden und gröſsere Steine lassen aber Eindrücke zurü die ziemlich sicher auf die berührte Oberfläche schlieſsen lass Nur feiner Thonboden giebt sich in dem Talgklumpen wenig zu kennen, indem dieser beim Einsinken in weichen Schlamm seine Fo beinahe gar nicht verändert, auch nur selten einzelne Körncl des letzteren daran haften.

Um in dieser Beziehung gröſsere Sicherheit zu erreichen, u um zugleich nicht gar zu kleine Proben des Grundes zu erhalt hat man mehrfach und namentlich bei dem vorstehend beschrie nen Lothe von Brooke den eisernen Cylinder in seinem untern E auf eine gewisse Länge ausgebohrt und einen Ring eingesetzt, den ein Ventil von starkem Leder aufschlägt. Wenn die Rö alsdann weit genug eindringt, und das Ventil sich wieder hin chend dicht schlieſst, so werden bei feinem Seeboden gröſsere M sen eingeschlossen und zu Tage gefördert.

Eine nähere Mittheilung der an einzelnen Stellen der groſ Meere gemessenen Tiefen erscheint entbehrlich, nachdem die äuſs sten Grenzen bereits als unerreichbar mittelst der bisher bekann Methoden bezeichnet sind. Es muſs aber noch darauf aufmerks gemacht werden, daſs die Messungen, welche vor der Versenku

des Telegraphen-Cabels zwischen Europa und Nord-Amerika ausgeführt waren, sich später als ganz unrichtig erwiesen. Das Plateau, das nach Maury's Untersuchungen hier vorhanden sein sollte, und das vorzugsweise zum Auflager für das Cabel geeignet erschien, existirte gar nicht. Sonach berechtigen sich wohl einige Zweifel gegen die Resultate ähnlicher Untersuchungen.

Das specifische Gewicht und der Salzgehalt des Seewassers ist vielfach gemessen worden. In der heifsen Zone scheinen beide etwas gröfser, als in den höheren Breiten zu sein. Die Untersuchungen von Lenz,*) nach den auf der Reise von O. von Kotzebue angestellten Messungen, ergeben, dafs im Atlantischen Meere das specifische Gewicht des Seewassers etwas gröfser ist, als im Stillen Ocean, und dafs in beiden an gewissen Stellen Maxima vorkommen. Ein solches erreicht im Stillen Ocean nur das specifische Gewicht von 1,0280, während es im Atlantischen Meere bis auf 1,0285 steigt. Im letzteren wurde es bei 50° 25′ nördlicher Breite 1,0266 gemessen und dieses war das Minimum, das auf der ganzen Reise gefunden wurde. Die Differenzen sind sonach nicht bedeutend, doch zeigten sich sehr auffallende Abweichungen bei gleichen Breiten nach den verschiedenen geographischen Längen, und namentlich hatte im Atlantischen Ocean das Wasser in der Nähe der Amerikanischen Küste ein gröfseres specifisches Gewicht, als weiter ostwärts. Aufserdem ergaben sich auch an denselben Stellen merkliche Differenzen, je nachdem die Jahreszeiten verschieden waren. Wichtig ist ferner das Resultat, dafs in den niedrigeren Breiten und zwar bis zum 45. Grade, der Salzgehalt in verschiedenen Tiefen derselbe bleibt. Das specifische Gewicht des Wassers der Oberfläche unterschied sich nicht von demjenigen des Wassers, welches in 1000 Faden Tiefe geschöpft war.

Im Mittelländischen Meere ist der Salzgehalt in der Nähe der Oberfläche dem des Atlantischen Meeres nahe gleich, in grofser Tiefe dagegen viel bedeutender. Wollaston fand in dem ohnfern der Strafse von Gibraltar bei 4000 Fufs Tiefe geschöpften Wasser den Salzgehalt 17¼ Procent. Das specifische Gewicht des Nordseewassers stimmt mit dem des Atlantischen Oceans ziemlich überein. Im Busen der Jade maafs ich dasselbe bei 8 Graden Réaumur, nach-

*) Poggendorff's Annalen. Band 20.

dem das Wasser in verschlossenen Gefäfsen durch Filtriren von den erdigen Theilen gereinigt war. Dieses Gewicht variirte zwischen 1,0240 und 1,0233, und es erreichte etwa eine Stunde vor Hochwasser sein Maximum, was vielleicht davon herrührt, dafs alsdann das reinste Seewasser eingetreten war. Nichts desto weniger darf man wohl annehmen, dafs in dieser Gegend, wo Elbe und Weser in geringer Entfernung ausmünden, die Nordsee noch mit Flufswasser versetzt ist.

In der Ostsee ist der Salzgehalt viel geringer. Das specifische Gewicht des Seewassers, vor Colbergermünde geschöpft und zwar an einer Stelle, woselbst das Wasser der Persante nicht hinzutreten konnte, fand ich nur 1,0061.

Was die Zusammensetzung des Seewassers betrifft, so bildet das Kochsalz oder Chlor-Natrium den Hauptbestandtheil der Beimengung. Im Atlantischen und Stillen Ocean, so wie auch in der Nordsee beträgt dasselbe dem Gewichte nach etwa 2½ Procent des Wassers. Aufserdem finden sich darin Chlormagnesium, Chlorkalium schwefelsaurer Kalk, schwefelsaure Magnesie und andre Stoffe, die zusammen jedoch nur selten 1 Procent ausmachen.

Die Apparate, deren man sich bedient hat, um zu vorstehendem Zwecke das Wasser aus gröfseren Tiefen zu schöpfen, übergehe ich, dagegen mag die einfache Vorrichtung hier erwähnt werden, die ich benutzte, um in verschiedenen mäfsigen Tiefen des Jade-Busens das Wasser zu entnehmen, indem ich den Schlickgehalt desselben in den verschiedenen Perioden der Fluth und Ebbe zu bestimmen versuchte.*)

Das Instrument ist Fig. 26, *A* in der Seitenansicht und *B* im Durchschnitt dargestellt. Es besteht aus einem Blechcylinder, der nach Maafsgabe der Quantitäten, die ich untersuchen wollte, etwa 8 Zoll hoch war und 4 Zoll im Durchmesser hatte. Derselbe war oben wie unten mit einem festen Boden versehn, der untere war vollständig geschlossen, der obere dagegen hatte eine Oeffnung, gegen welche an der innern Seite ein Ventil sich legte. Die Achse dieses Ventils war oben wie unten durch einen Steg hindurch geführt, so dafs es sich nicht seitwärts verschieben konnte. Der obere

*) Monatsberichte der Königl. Academie der Wissenschaften zu Berlin. 1856. Seite 346 ff.

ldete einen starken Bügel, an den eine Spiralfeder befestigt
elche die Achse des Ventils herabzog, dasselbe also öffnete.
ı obern Ende dieser Achse, woran sich ein Ring befand, hing
ze Apparat, und ein zweiter Ring war an den untern Bo-
;elöthet. In letzteren wurde die Leine geknüpft, die das Ge-
ug, welches den Cylinder versenkte. Beim Gebrauch des
entes wurde zunächst das Gewicht in solcher Tiefe ange-
als das Wasser über dem Grunde geschöpft werden sollte.
an nun das Instrument herab, so hing dasselbe an der Achse
ıtils und dieses verschlofs die obere Oeffnung des mit Luft
ı Cylinders. Sobald indessen das Gewicht sich auf den
ıuflegte, so wurde die obere Leine schlaff, die Feder öffnete
ıtil, und durch die Oeffnung, die stets nach oben gekehrt
ıtwich die im Cylinder enthaltene Luft und derselbe füllte
: Wasser. Zog man endlich das Instrument wieder herauf,
die Leine sogleich das Ventil, verschlofs dadurch die Oeff-
nd eine Vermengung des Inhaltes mit den obern Wasser-
n konnte nicht eintreten.

s Seewasser enthält im Allgemeinen keine erdigen Theilchen,
dasselbe trüben, weil diese, wenn sie auch beim Abbruche
r oder durch Ströme ihm zugeführt werden, in solcher Tiefe
hlagen, dafs sie durch den Wellenschlag nicht wieder in Be-
gesetzt und gehoben werden können. Anders verhält es
loch in Buchten und solchen Meerestheilen, vor denen in
: Tiefe grofse Flächen alten Landes liegen. Auf diese wirkt
er Wellenschlag, als die Strömung der Ebbe und besonders
th ein, und die erdigen Theilchen vermengen sich so stark
ı Seewasser, dafs dieses durch sie vollständig getrübt wird.
lagen nieder, sobald die Bewegung des Wassers aufhört oder
ſsigt, und sie sind es, welche die starken Verschlammungen
elbst belegenen Häfen und das Anwachsen des Landes ver-
ı. Die Kenntnifs der im Wasser schwebenden Theilchen ist
ür den Baumeister von grofser Wichtigkeit.

t dem bezeichneten Instrumente wurde wiederholentlich wäh-
ɔller Fluthperioden von Stunde zu Stunde und zwar theils
Oberfläche und theils 6 Fufs über dem Boden Wasser ge-
Die Tiefe maafs an dieser Stelle bei Niedrigwasser etwa
ı. Zunächst versuchte ich, den Schlickgehalt aus dem speci-

fischen Gewichte des Wassers zu bestimmen, doch gelangte ich dabei zu keinen brauchbaren Resultaten, weil die Erdmasse zu klein war. Es mufste demnach das gewöhnliche Verfahren gewählt werden, wobei das Wasser filtrirt und der im Filtrum bleibende Rückstand gewogen wird. Doch auch hierbei war grofse Vorsicht und Sorgfalt nothwendig.

Die aufgebrachten und in Flaschen gefüllten Proben hielten zwischen 10 und 25 Cubikzoll, ihr Rauminhalt wurde, nachdem ihr specifisches Gewicht ermittelt war, durch Abwägen bestimmt, und es darf kaum erwähnt werden, dafs durch starkes Schütteln vor dem Umfüllen jedesmal dafür gesorgt wurde, dafs das Wasser gleichmäfsig und zwar in demselben Maafse, wie beim Schöpfen, mit den erdigen Theilchen sich vermengte.

Die Filter, die aus demselben Papiere sämmtlich in gleicher Gröfse ausgeschnitten waren, wurden vor dem Gebrauche in lufttrockenem Zustande einzeln gewogen. Da es jedoch auf eine sehr scharfe Wiegung ankam, indem die später in den Filtern zurückbleibende Erde nie mehr, als 30, und oft sogar nur 10 Milligramme wog, so durfte nicht unbeachtet bleiben, dafs die Filter schon während des Wiegens wieder einige Feuchtigkeit aus der Luft anziehn. Um dieses zu erkennen, wurden sie zweimal gewogen und zwar das zweite Mal in umgekehrter Reihenfolge, so dafs die arithmetischen Mittel aus beiden Abwägungen jedes Filters die Gewichte von allen in einem nahe gleich trocknen Zustande darstellten. Um indessen zu erkennen, ob dieselben Filter beim spätern Wiegen, während die erdigen Theilchen sich schon darin befinden, denselben Grad von Trockenheit angenommen haben, und ob vielleicht das Salz aus ihnen noch nicht vollständig ausgelaugt ist, so wurden jedesmal noch 2 und oft sogar 3 Filter von derselben Art hinzugefügt und gleichmäfsig zwischen die übrigen vertheilt. Sie wurden nicht zum Filtriren benutzt, vielmehr liefs ich nur das bereits filtrirte Seewasser hindurchfliefsen. Bei diesen wurde also das Gewicht durch hinzukommende erdige Theilchen nicht vermehrt, und sie sollten daher beim spätern Wiegen genau dieselben Gewichte wieder zeigen, die sie anfangs gehabt hatten. War dieses nicht der Fall, so konnte man annehmen, dafs entweder die Auslaugung nicht vollständig erfolgt, oder dafs der hygroskopische Zustand der Luft gegenwärtig ein andrer, als das erste Mal, wäre, und bei der ganz übereinstim-

enden Behandlung aller Filter durfte vorausgesetzt werden, dafs nn die letzteren sämmtlich gleiche Differenzen gegen die erste ägung zeigten, dafs alsdann auch die übrigen Filter dieselbe Verderung erfahren hatten. Die später gefundenen Gewichte der mit de gefüllten Filter konnten also hiernach berichtigt werden. Die nterschiede waren jedesmal überaus geringfügig.

Nach Beendigung der Filtration wurden alle Filter unter sorgtiger Beachtung ihrer Reihenfolge (da auffällige Bezeichnungen ran nicht füglich anzubringen waren) vorsichtig zusammengelegt, mit der daran haftende Schlick nicht etwa entweichen möchte, d nunmehr wurden sie in einem geräumigen Glasgefäfse mit destillirtem Wasser übergossen. Letzteres wurde nach einer Stunde ttelst eines Hebers abgezogen und durch frisches ersetzt, und dies geschah so oft, bis das abfliefsende Wasser beim Verdampfen einem Löffel keinen Rückstand übrig liefs, also von Salz frei war.

Nunmehr wurden die Filter in einem kupfernen Gefäfse geocknet, welches durch Wasserdämpfe erwärmt, keine höhere Temratur als die des siedenden Wassers annehmen konnte. Endlich urden die Filter wieder zweimal und zwar das zweite Mal in umkehrter Reihenfolge gewogen, und dadurch ergaben die Differenn gegen die früheren Gewichte, die Gewichte der in den Filtern ifgefangenen Schlickmassen.

Von den Gewichten mufste endlich zum Rauminhalte übergengen werden, weil es darauf ankam, die Höhe der Aufschlickung ermitteln, die im Laufe eines Jahres erfolgen konnte. Dieser ebergang erforderte eine gewisse Voraussetzung über die Consienz des abgelagerten Schlicks. Derselbe zeigt nämlich im natürchen Zustande sehr verschiedenartige Beimengungen von Wasser. eine oberen Schichten sind dünnflüssig, weiter abwärts werden sie ichter und fester und nehmen in der Tiefe sogar eine sehr grofse ärte an. Mit Rücksicht auf den Zweck der Untersuchung schien s angemessen, eine breiartige Consistenz zum Grunde zu legen, erjenigen gleich, welche der Töpfer beim Verarbeiten des Thones wählt. Es ergab sich aus mehrfach wiederholten Messungen, dafs 1 Gramm lufttrockener Schlick, der also denselben Grad der Trockenheit, wie die Filter beim Wiegen hatte, durch angemefsnen Zusatz von filtrirtem Seewasser in solchem breiartigen Zustande ein Volum von 0,05263 Rheinländischen Cubikzollen einnimmt.

In der nachstehenden Tabelle sind die Resultate dieser Untersuchung angegeben. Das in den verschiedenen Stunden der ganzen Fluthperiode sowol in der Oberfläche, als 6 Fufs über dem Grunde geschöpfe Seewasser enthält diejenige Quantität erdiger Theilchen, welche die Tabelle angiebt. Diese Zahlen bezeichnen das Raum-Verhältnifs derselben, wenn sie jene breiartige Consistenz angenommen haben, zum Volum der Wassermasse, worin sie schwebten. Diese Zahlen geben daher auch unmittelbar die Höhen des Niederschlages an, der aus einer Wasserschicht von 1 Fufs Höhe sich abscheidet, während die vollständige Klärung erfolgt, und zwar sind die Höhen in derselben Maafs-Einheit, also in Fufsen ausgedrückt.

Zeit.	Schlickgehalt	
	in der Oberfläche.	6 Fufs über d. Grunde.
Niedrigwasser . .	0,00014	0,00016
1 Stunde Fluth . .	0,00019	0,00023
2 Stunden -	0,00019	0,00026
3 - -	0,00015	0,00024
4 - -	0,00012	0,00020
5 - -	0,00011	0,00016
Hochwasser . . .	0,00010	0,00013
1 Stunde Ebbe . .	0,00010	0,00012
2 Stunden -	0,00010	0,00012
3 - -	0,00010	0,00012
4 - -	0,00012	0,00012
5 - -	0,00013	0,00013
Niedrigwasser . .	0,00014	0,00016

Der Schlickgehalt ist sonach in der Nähe des Grundes um den fünften bis dritten Theil gröfser, als an der Oberfläche. Während der Fluth ist er gröfser, als während der Ebbe, und sein Maximum erreicht er in den ersten Stunden der Fluth, wogegen er bald nach dem Hochwasser den kleinsten Werth annimmt. Letzteres rührt ohne Zweifel davon her, dafs die Wattgründe im Jade-Busen wegen der daselbst statt findenden schwächeren Bewegung nicht nur weniger angegriffen werden, sondern sogar mit einer dünnen Lage des Niederschlages sich überdecken, wodurch das Wasser etwas gereinigt wird.

Aehnliche Resultate haben sich auch für die untere Elbe aus Untersuchungen von Hübbe ergeben,*) die sich auf viel ausge-
ıtere Messungen beziehn und grofse Verschiedenheiten für ver-
ədene Epochen nachweisen.

Die Messungen, deren Resultate vorstehend angeführt sind, wur-
im Spätherbste bei ziemlich ruhiger Witterung während schwa-
südlicher und östlicher Winde angestellt, wobei also das Was-
im Jade-Busen vergleichungsweise zu dem der Nordsee stärker
egt war, als bei nördlichen Winden.

Es mufs noch angeführt werden, dafs ich zur bequemeren Fort-
ıng dieser Beobachtungen und um das mühsame Filtriren und
ɡen zu vermeiden, einen Apparat vorrichtete, mittelst dessen der
ickgehalt des Wassers sehr leicht, wenn auch nur annähernd
tig bestimmt werden konnte. Ich suchte nämlich aus einer gro-
Anzahl cylindrischer kleiner Flaschen von reinem weifsen Glase
zehn Stück aus, welche gleichen Durchmesser (nahe von 3 Zoll)
en. Sechszehn derselben füllte ich mit Mischungen von filtrir-
Seewasser und sehr feinem durch Niederschlag gewonnenen
lick an. Das Raumverhältnifs des letzteren nach den obigen
aussetzungen zum Wasser betrug in den einzelnen Flaschen
)005 — 0,00010 — 0,00015 u. s. w. Die Flaschen wurden aber
ıt vollständig, sondern nur zu zwei Drittel ihres Inhaltes ange-
t, damit sie vor dem jedesmaligen Gebrauche stark geschüttelt
den konnten und ihr Inhalt die entsprechende Trübung voll-
ıdig annahm. Sie wurden hierauf hermetisch verschlossen. Die
len letzten Flaschen dienten zur Aufnahme desjenigen Wassers,
sen Schlickgehalt ermittelt werden sollte. Der Unterschied in
Trübung ist bei den geringen Abstufungen der Zusätze zwar
ht auffallend, derselbe läfst sich jedoch, wenn man bei hinreichend
rker Beleuchtung nach dahinter befindlichen Gegenständen hin-
chsieht, sicher erkennen, und so bietet dieser Apparat ein be-
meres Mittel, um aus der Trübung des Wassers auf den Schlick-
ıalt zu schliefsen.

Die hiermit angestellten Versuche ergaben, dafs auch bei
stlichen Winden der stärkste Schlickgehalt im Anfange der

*) Ueber die Eigenschaften und das Verhalten des Schlick's. In der Zeit-
hrift für das Bauwesen. Jahrgang X. Seite 492 ff.

Fluth vorkommt. Nach einer Messung stellte derselbe sich bis auf 0,00035.

Aus diesen Resultaten, verbunden mit dem bekannten Steigen des Wassers in jeder Stunde der Fluth, kann man leicht die Höhe des Niederschlages berechnen, der sich im Jade-Busen oder in einem damit in Verbindung stehenden Bassin, (also etwa in einem Vorhafen) bilden würde, falls das Wasser darin sich vollständig klärte, so dafs es bei der Ebbe ganz rein abfliefst. Je nachdem man den Schlickgehalt des an der Oberfläche oder des über dem Boden geschöpften Wassers zum Grunde legt, ergiebt sich hieraus, dafs jede Fluth eine Schicht von 0,00187 oder 0,00264 Fufs, dafs also die 705 Fluthen in einem Jahre Schichten von 1,32 oder 1,86 Fufs Höhe bilden würden. In der Wirklichkeit ist indessen selbst in einem geschützten Bassin eine so starke Verflachung nicht zu besorgen, da eines Theils die Zwischenzeit zu kurz ist, um die vollständige Klärung zu bewirken, und andern Theils auch die Strömungen und die einlaufenden Wellen das Wasser nicht vollständig zur Ruhe gelangen lassen. In dem weiten Busen der Jade, wo die starke Bewegung selten aufhört, ist der Niederschlag sehr viel geringer, wie dieses auch nicht anders sein kann, da nach denselben Beobachtungen grofse Schlickmassen bei der Ebbe wieder herausgeführt werden.

Hierbei wäre noch zu erwähnen, dafs der trockne Schlick an der Jade nach der Analyse des verstorbenen Dr. R. Hagen die nachstehenden Bestandtheile, und zwar in Procenten des Gewichtes ausgedrückt, enthält:

65,2 Kieselerde
4,2 Thonerde
6,9 Eisen- und Mangan-Oxyd
3,5 Kalkerde
1,3 Bittererde
1,4 Kali
1,5 Natron
1,4 Chlor
14,3 Wasser, Kohlensäure und organische Substanzen.

Bei Betrachtung der eigenthümlichen Erscheinungen, die sich am Meere zeigen, mufs endlich noch des Einflusses gedacht werden, den die chemische Zusammensetzung des Seewassers auf die Pflanzen-

d Thierwelt ausübt, und dieses um so mehr, als beim Uferschutz d beim Hafenbau beide von der äufsersten Bedeutung sind.

Die Vegetation am Meeresstrande ist wesentlich verhieden von derjenigen, die sich an den Ufern der Ströme im Binnlande vorfindet. Soweit die Wellen beim Sturme auflaufen, geiht die Weide nicht, doch finden sich hier Gräser und Kräuter r, die man landeinwärts nur vereinzelt wachsen sieht, und welche r Sicherung und weitern Ausdehnung der Sandablagerungen mit ofsem Nutzen cultivirt werden können. Bei Gelegenheit des Dünbaues wird hiervon ausführlicher die Rede sein.

Unter den Thieren, die sich in der See vorfinden, wären hier uige Arten Muscheln zu erwähnen, welche in den Fugen der einschüttungen so wie auch der Abpflasterungen sich ansetzen und selben oft so vollständig füllen, dafs durch sie ein sehr inniger hlufs der Oberfläche dargestellt wird, und die Steine alsdann so her und fest gelagert sind, dafs sie von den Wellen nicht mehr wegt werden können.

Ein anderes Thier, der Seewurm, ist dagegen den Bauwern höchst verderblich und zerstört das Holz so schnell und so volländig, dafs man dasselbe an manchen Orten gar nicht anwenden arf, oder wo dieses doch nöthig ist, es vollständig mit andern toffen verkleiden mufs. Unter der Benennung Seewurm versteht an zwei einander ziemlich ähnliche Thierarten, teredo navalis und imnoria terebrans. Erstere wird am meisten gefürchtet, und kommt n der Nordsee, in dem Atlantischen Ocean und dem Mittelländichen Meere vorzugsweise vor, letztere dagegen findet sich mehr an ler Englischen Küste. Auffallend ist es, dafs der Wurm in früheer Zeit in Europa unbekannt war, in Holland, wo er seit hundert Jahren periodisch die gröfsten Zerstörungen verursacht hat, zeigte r sich zuerst im Jahre 1731. Vielleicht wurde er durch Schiffe eingeführt, denn in diesen und namentlich wenn sie aus südlichen Häfen zurückkehrten, fand man schon früher sehr häufig den Wurm vor, woher das Bekleiden der Schiffe mit Kupfer auch vor dieser Zeit schon üblich war. Das Verkupfern hat aber vorzugsweise den Zweck, das Schiff vor dem Wurme zu schützen.

Der Seewurm ist, wenn er ausgewachsen ist, etwa 6 Zoll lang und so dick, wie eine starke Federpose. Er ist von weifser Farbe, ganz weich und erscheint wie eine schleimige Masse, sein Kopf

dagegen endet in eine hornartige, sehr feste und scharfe Schale, die in eine breite gekrümmte Schneide, ähnlich dem gewöhnlichen Löffelbohrer ausläuft. Sehr auffallend ist es, dafs man in der äufsern Oberfläche des Holzes, in dem er sich aufhält, nie Oeffnungen bemerkt, die seiner Dicke entsprechen, es befinden sich darin vielmehr nur einige sehr feine Löcher, als wenn sie mit einer Stecknadel eingestochen wären. Er mufs also im Holze selbst auswachsen. Im Mittelländischen Meere nimmt er viel gröfsere Dimensionen, als an der Nordsee an, so wurde mir in Ciotat erzählt, dafs man in den dortigen Hellingen, die eben wegen des Wurmes alle zwei Jahre erneut werden müssen, häufig Würmer von 6 Fufs Länge und in der Stärke eines Daumens vorfindet.

Nach den Wahrnehmungen an der Jade folgen die Bohrlöcher gemeinhin der Holzfaser, sie sind bis 3 Linien weit und mit einer sehr glatten und festen Kalkschale überzogen, so dafs sie wie glasirt erscheinen. Sie setzen sich mehrere Fufs tief unter das Niedrigwasser fort, gehen aber nie bis zur gewöhnlichen Fluthhöhe herauf. In Holland hat man bemerkt, dafs bis zu derjenigen Höhe, zu der der Klaiboden heraufreicht, das Holz stets ganz unversehrt bleibt. Diese Löcher befinden sich nun in stark angegriffenem Holze parallel neben einander und oft so nahe, dafs nur die Kalkschale die Zwischenwand bildet. Eine Bootstreppe an der vorspringenden Ufer-Ecke an der Jade wurde, nachdem sie einen Sommer hindurch benutzt war, im Herbste von den Wellen zerschlagen. Das Holz der Wange hatte ganz das Ansehn der Zellen eines Bienenstocks: dicht neben einander lagen die Oeffnungen, und die Zwischenwände waren auf das geringste Maafs reducirt. In gleicher Weise wurden auch die Köpfe der Pfähle angegriffen, welche durch die Stacken oder Buhnen geschlagen waren, die vom Oldenburgischen Ufer den Strom entfernen sollten. Das Holz war so zerstört, dafs diese Köpfe von etwa 6 Zoll Stärke durch die Wellen abgebrochen wurden, und es machte hierbei gar keinen Unterschied, ob Kiefern, oder Eichen, Birken oder irgend eine andre Holzart angewendet war.

Am stärksten waren die Zerstörungen immer da, wo eine recht kräftige Strömung reinen Seewassers vorbeizog. An den Einfassungen der neben belegenen Siele, selbst an der Seeseite, konnte man keinen Wurm bemerken und bei Reparaturen zeigte sich deutlich, dafs er daselbst ganz fehlte. Das ausfliefsende süfse Binnen-

rasser verhinderte also sein Eindringen. Die Erfahrung hat aber nch hier gezeigt, dafs er periodisch übermäfsig sich verbreitet, und ihdann mehrere Jahre hindurch nur in viel geringerem Maafse sich rigt. Welche besondere Umstände hierauf Einflufs haben, ist nicht bkannt.

In der Ostsee kommt der Wurm gar nicht vor, gewifs ist der lzgehalt des Wassers für ihn zu geringe. Dieser Umstand ist für le Bauten an der Ostsee überaus vortheilhaft und gestattet hier afache Holz-Constructionen, die man in der Nordsee und an anrn Meeren nicht wählen darf. Wo der Wurm sich zeigt, mufs les Holz, dessen Verwendung sich nicht umgehn läfst, mit Metall er wenigstens mit Leder bekleidet werden. Die Benutzung von upferplatten, in gleicher Weise, wie bei den Schiffen, kommt bei hleusenthoren, hölzernen Schlagschwellen und selbst bei Pfählen lfach vor, noch häufiger werden dazu aber in den Niederlanden s sogenannten Spieker, das heifst kurze eiserne Nägel mit sehr ofsen flachen Köpfen verwendet, die man so dicht neben einander schlägt, dafs die Köpfe sich gegenseitig überdecken und sonach Oberfläche des Holzes mit dem Wasser gar nicht in Berührung mmt. Die Versuche, das Holz mit Creosot oder Metall-Oxyden r der Verwendung zu imprägniren, haben keinen dauernden Erlg gehabt. Es scheint, dafs in kurzer Zeit eine so vollständige slaugung statt findet, dafs diese Art des Schutzes sehr bald unrksam wird. Dagegen sollen lange Erfahrungen bereits den Beeis geliefert haben, dafs das Holz einer besondern Eiche, Eucaptus genannt, die im westlichen Australien wächst, vom Seewurme cht angegriffen wird. Dieses Holz soll auch von der weifsen Ameise, e unter den Tropen auf dem Lande eben so zerstörend wirkt, wie r Seewurm im Wasser, nicht berührt werden.*)

Schliefslich wäre noch zu bemerken, dafs der Seewurm nicht ur Holz, sondern auch manche Steine, wie Kalk und weicheren andstein, durchbohrt, doch unterscheiden die Bohrlöcher in solchen ich dadurch, dafs sie rauhe Oberfläche haben und nicht mit Glasur berzogen sind.

---

*) The Civil Engineer and Architects Journal. 1862. Pag. 248

§. 12.

Veränderung der Meeres-Ufer.

Indem von der ursprünglichen Bildung der Meeres-Ufer abgesehn wird, kann hier nur von den Veränderungen die Rede sein, die gegenwärtig noch in gröfserem oder geringerem Maafse daran wahrgenommen werden. Die Veranlassung zur dauernden Umgestaltung giebt ohne Zweifel vorzugsweise die Bewegung des Meeres die durch Wellenschlag, Fluth und Ebbe und durch Strömungen verursacht wird. Aufserdem ist die unmittelbare Wirkung heftiger Winde und noch mehr als diese, der Einflufs der Quellen auf sandige und thonige Ufer nicht zu verkennen. Man darf wohl annehmen, dafs gegenwärtig die Veränderungen minder bedeutend geworden sind, als sie vor Jahrtausenden waren, in sofern die weniger festen Gebirgsarten, die früher das Meer begrenzten, bereits zerstört sind, und die Vorgebirge und vortretenden Ufer nunmehr auf besonders feste Formationen treffen, die dem Angriffe gröfsern Widerstand entgegen setzen, und zwischen denen die Uferlinien sich bereits den allgemeinen Verhältnissen entsprechend ausgebildet haben. Nichts desto weniger sind jene Festpunkte eben so wenig wie diese Zwischenlinien unveränderlich, vielmehr treten in längern oder kürzeren Perioden in beiden noch dauernd Veränderungen ein.

Im Allgemeinen beziehn sich diese Veränderungen nur auf Zerstörung oder auf Abbruch der Ufer. Sowol über, als unter dem Wasser stürzt jede Masse, die sich vom Ufer löst, in die Tiefe herab, und nur unter besondern Umständen treten einzelne Theile derselben daraus wieder hervor. Jedes Ufer, wenn es auch aus der festesten Gebirgsart besteht, ist am offenen Meere der Zerstörung ausgesetzt. An den nach Westen belegenen Küsten von England und Schottland bemerkt man eine auffallende Glätte der Oberfläche. Die gegenschlagenden Wellen, vielleicht auch Kiesel und andere Gegenstände haben vorzugsweise die kleineren vortretenden Ecken angegriffen und im Laufe der Zeit beseitigt. Aber es lösen sich in Folge der Verwitterung oder aus sonstigen Ursachen zuweilen gröfsere Massen und alsdann bilden sich neue Angriffspunkte. Die verschiedene Festigkeit des Gesteins giebt in manchen Fällen zu eigenthümlichen Erscheinungen Veranlassung. Wenn das Meer bis zu

r besonders festen Gebirgsmasse vorgedrungen ist, und diese
e Zeit hindurch seinen Angriffen widersteht, so bricht es die
nter befindlichen Theile ab. So sah man vor wenig Jahren vor
nördlichen Ecke von Helgoland verschiedene Säulen stehn, von
en die eine besonders auffiel, weil sie im obern Theile viel brei-
war, als unten. Auch an der westlichen Küste von Portugal
den davor liegenden Inseln stehn mehrfach isolirte Felsen vor
am weitesten vortretenden Ecken. Zuweilen geschieht es aber,
nur der untere Theil des dahinter liegenden Gebirges abge-
hen wird, während die Decke, die dem Angriffe der Wellen
ogen ist, über dem freien Zwischenraum sich unversehrt erhält.
her natürlichen Felsthore giebt es mehrere auf der Westseite von
goland.

Anders verhält es sich mit weicheren Gebirgsarten. Namentlich
Kreide, wie sie an beiden Seiten des Canales zwischen England
Frankreich ansteht, auch an der Preufsischen Küste vorkommt,
ht in viel stärkerem Maafse ab, und noch mehr findet dieses bei
schwemmtem thonigen Boden statt, selbst wenn derselbe grofse
igkeit besitzt, auch vielleicht zahllose Granitgeschiebe darin vor-
men, die beim Abbruche herabstürzen und alsdann eine mäch-
Steinschüttung vor seinem Fufse bilden. Wo Veränderungen
er Art noch erfolgen, und der Abbruch der Ufer in kürzeren
oden, etwa in einem Menschenalter sich auffallend bemerklich
ht, da darf man mit Sicherheit annehmen, dafs die Ufer früher
weiter vortraten, als gegenwärtig, und dafs durch ihr Zurück-
hen das Meer oder die Bucht, die sie begrenzen, um Vieles er-
ert und dadurch wieder die Ursache der Zerstörung um so mehr
tärkt ist. Eine weitere Schlufsfolge auf die Verhältnisse frühe-
Perioden gewinnt hierdurch an Wahrscheinlichkeit, dafs nämlich
iche Binnenmeere einst viel geringere Ausdehnung hatten und
zerstörende Charakter, den sie jetzt zeigen, ihnen ganz fehlte.
Canal zwischen Frankreich und England nimmt unzweifelhaft
gegenwärtig noch an Breite zu, indem von den steilen Ufer-
lern, die dem Angriffe des Meeres vorzugsweise ausgesetzt sind,
odisch grofse Theile sich lösen, und immer neue Feuerstein-
sen, die in der Kreide eingesprengt waren, den Kies ersetzen,
längs den Küsten von Westen nach Osten treibt. Wenn beide
r einst weiter vortraten, so standen sie sich auch näher, vielleicht

liefsen sie zwischen sich nur einen schmalen Meeresarm, durc
die Fluth und Ebbe aus dem Atlantischen Ocean nur in geri
Maafse, oder gar nicht hindurch treten konnte. Die Nordsee i
damals in ihrem südlichen Theile ganz anderen Verhältnissen
liegen, als gegenwärtig, und die darin einmündenden Ströme
ten bei der geringeren Bewegung des Wassers nicht nur San
Kies, sondern auch die thonigen Theilchen absetzen und den M
boden bilden, der bei sehr niedriger Ebbe im Norden der
Wangeroog noch zu Tage tritt, und der mit den ausgedehnten
gründen vor den Niederländischen, Oldenburgischen und Han
schen Küsten zusammenhängt.

Soweit ich die Ufer des Atlantischen Meeres im südlichen
land, in Frankreich, im Norden von Spanien und in Portugal g
habe, konnte ich niemals ein Kreide-Ufer, wie im Canale bem
Ueberall zeigten die vortretenden Ecken, zwischen denen sic
fig Sand- und Kies-Ablagerungen hinziehn, nur festeres G
Der aufgeschwemmte Thonboden bildet aber hier eben so
wie an der Nordsee hohe Ufer. Dieses zeigt sich nur an de
see. Vielleicht dürfte man aus der Beschaffenheit der Ufer a
Periode der Entstehung der davor liegenden Meere schliefsen
Meer, welches viele Tausende von Jahren hindurch seine Uf
gegriffen hat, hat sich bereits so sehr erweitert, dafs es über
festere Grenzpunkte gelangt ist, die ihm in viel höherem Maafs
derstand leisten. Wo dagegen die Ufer aus Gebirgsarten be
die sichtlich noch abbrechen und zurückweichen, da dürfte man
annehmen, dafs der Kampf erst in späteren Zeiten begann, u
Meer in jenen frühen Perioden noch nicht, wie gegenwärtig
störend wirkte, also seine Ausdehnung viel geringer und e
leicht durch zwischen liegende Landstriche noch in kleinere B
getheilt war.

Die Veränderungen, die wir an der Ostsee und in gerin
Maafse auch an der Nordsee noch bemerken, vergröfsern fortd
die Wasserfläche in ihrer allgemeinen Umgrenzung. Das vo
Ufern abbrechende Material löst sich, während es von den V
hin- und hergeschleudert wird, grofsentheils in so feine Kö
auf, dafs dieselben im bewegten Wasser schweben und a
durch den Rückstrom in die Tiefe herabgeführt werden, w
Wellenschlag sie nicht weiter berührt. Die Feuersteinkno

mit der abbrechenden Kreide herabfallen, und eben so auch die
beren Geschiebe und der Kies bleiben in der Nähe des Ufers.
sind ein Spiel der Wellen und schleifen sich immer mehr bei
r Bewegung ab. So wird die Masse jedes Steinchens nach und
immer kleiner, und der Abgang ist feiner Staub, der in die
des Meeres versinkt. Sehr auffallend ist die Verschieden-
in der Gröfse des Kieses, die in der Richtung seiner Be-
ng sich oft auffallend zu erkennen giebt, was man an man-
Uferstellen leicht bemerkt, wenn man auf längere Strecken den
l verfolgt. Westlich von Boulogne ist der Kies, aus Feuer-
tücken bestehend, vorherrschend, doch ist er hier schon min-
ob, als bei Dieppe. Bei Calais werden die Steinchen noch
r und es finden sich schon grofse Massen Sand dazwischen.
rschwinden beinahe ganz bei Dünkirchen und weiterhin sieht
nur Sandablagerungen.

anz dieselbe Erscheinung wiederholt sich auch auf der Insel
. Unter dem Vorgebirge Arcona besteht der schmale Strand
nur aus Feuersteinen, die auch hier in der Kreide in grofser
schichtenweise eingesprengt waren, und bei ihrem Einsturze
gefallen sind. Verfolgt man das Ufer in südlicher Richtung,
t sehr bald der Sand auf, und wo die Schaabe oder die schmale
unge beginnt, welche die Meeresbucht, die Tromper Wiek
nt, von den Binnenseen trennt, findet man nur selten noch
steine, und zwar bereits vollständig abgerundete.

ine sehr auffallende Ablagerung läfst indessen erkennen, dafs
ie Verhältnisse in früherer Zeit wesentlich verschieden waren.
er erwähnten Landzunge erstreckt sich nämlich in ihrer gan-
usdehnung, also in der Länge von etwa einer und einer halben
hen Meile und zwar vielfach hoch mit Sand überweht, ein
en von Feuersteinen, der sehr regelmäfsig gestaltet etwa
über den mittleren Stand der See sich erhebt, und stellen-
bis 30 Ruthen breit ist. Er wird zuerst sichtbar bei Julius-
ro das hohe Ufer der Halbinsel Wittow abfällt, etwa 300 Ru-
nördlich vom Dorfe Breege. Hier liegt er 50 Ruthen hinter
etzigen Strande und zieht sich 800 Ruthen parallel zu dem-
auf der Schaabe fort. Alsdann spaltet er sich. Der Arm,
r See zunächst liegt, behält die parallele Richtung zum ge-
rtigen Strande und den erwähnten Abstand von demselben

bei, er hat aber eine weit geringere Breite, die oft nur wenige Ruthen mifst. Etwa 300 Ruthen vom Theilungspunkte entfernt, verschwindet er. Der andre Arm dagegen, gleichfalls zum Strande noch nahe parallel, entfernt sich von demselben etwa auf 100 Ruthen, und kann, obwohl vielfach mit hohen Dünen überdeckt, noch drei Viertel Meilen weit bis gegen das Dorf Glowe, das schon auf der Halbinsel Jasmund liegt, verfolgt werden.

Ueber die Entstehung dieser Kiesrücken kann man nicht zweifelhaft sein. Sie sind nichts Andres, als Seestrand früherer Perioden. Wenn man längs dem steilen Kreide-Ufer der Halbinsel Jasmund geht, sieht man die Feuersteine eben so rein ausgewaschen und in gleicher Weise gelagert, nur sind sie hier gröfser und weniger abgeschliffen, also befinden sie sich noch näher an der Stelle, wo sie mit der Kreide herabstürzten. Jene Rücken auf der Schaabe sind daher von den früheren Kreidegebirgen, durch deren Zerstörung der Feuerstein sich löste, weiter entfernt. Diese Kreidegebirge bestehen zum Theil noch und bilden das Vorgebirge Arcona, das sich 150 Fufs über das Meer erhebt. Nordwestlich von demselben setzt sich die Kreidebildung fort, doch nach Süden, also in der Richtung, in der die Steine sich bewegten, lehnt sich an dieselbe unmittelbar ein nahe eben so hohes aufgeschwemmtes Land an. Die Zerstörung dieses Vorgebirges setzt sich noch dauernd fort und nach wenigen Jahren kann man daran die eingetretenen Veränderungen schon bemerken, aber die Menge der dabei gelösten Feuersteine ist gegenwärtig so unbedeutend, dafs in geringer Entfernung sie nur noch vereinzelt auf dem Strande vorkommen und derselbe bald nur noch aus feinem Seesande besteht. Aus der Steinmasse der erwähnten Rücken kann man auf die Ausdehnung der nach und nach herabgestürzten Ufer schliefsen. Diese Steine wurden in der früheren Periode, als der hintere Rücken sich bildete, bis zur Halbinsel Jasmund geführt, alsdann bildete sich in dem südöstlichen Theile eine Sand-Ablagerung. Doch nochmals traten die Kiesel überwiegend wieder auf, und der zuerst erwähnte Arm war ein neuerer Strand, der jedoch nicht mehr die Ausdehnung des früheren annahm. In neuster Zeit haben sich grofse Sandmassen vor die alten Ufer der Schaabe vorgeschoben.

Aehnliche Erscheinungen, wenn auch viel weniger auffallend und viel unregelmäfsiger, wiederholen sich auf der sogenannten

Heide oder der sandigen, bedeutend breiteren Landzunge, ie Halbinsel Jasmund mit der südwärts belegenen Halb- ıchgut verbindet. Man bemerkt hier ähnliche Kiesrücken, ıellenförmig erheben, von denen jedoch eine grofse Anzahl ıander liegt. Sie lassen vermuthen, dafs die Strandlinien nicht so lange erhielten, dafs vielmehr immer neue Abla- in kürzeren Perioden das Ufer seewärts herausrückten.

n in beiden Fällen vor diesen niedrigen Landzungen die nicht zurückgewichen, sondern im Gegentheil seewärts vor- ı ist, so macht diese Erscheinung keine Ausnahme von der ı allgemein gültig aufgestellten Regel über den Abbruch fer, denn die Schaabe sowol, wie auch die Schmale Heide ı den tief zurück tretenden Meeresbuchten, die Tromper d die Prorer Wiek genannt, also nicht an der offenen giebt aber noch eine andere Ursache, die selbst vor einem leeres-Ufer eine starke Ablagerung des gelösten Materials ın kann. Dieses geschieht, wenn die Strömung, welche und Kies bis zu einer gewissen Stelle führt, daselbst auf- ıth und Ebbe können allein solches bewirken. Schon Smea- ırt hierdurch das Entstehn der ausgedehnten Kiesbank s, westwärts von Dover, und die Verschüttung des ehema- ens Rye.

r zur nähern Betrachtung des Fortschreitens des Sandes es übergegangen wird, mufs noch im Anschlusse an die leeres-Ufer die auffallende Erscheinung betrachtet werden, ın Küsten der Ostsee sich immer wiederholt, dafs nämlich enselben herabstürzenden grofsen Granit-Blöcke dem Ufer hutz gewähren, vielmehr nach und nach und oft in weni- en spurlos verschwinden. Die Erklärung ist nach dem, ı über die Wirkung der Wellen (§. 5) gesagt ist, sehr ein- r einzelne Block ruht nicht auf fester Unterlage, vielmehr oder auf Thonboden. Der Druck, den die anrollende f ihn ausübt, setzt sich rings um ihn fort, trifft also auch sein egliches Unterlager, woher Theile desselben gelöst werden. Wirkung äufsert aber auch das zurückfliefsende Wasser, sinkt der Stein nach und nach tiefer herab. Je höher er gt, um so stärker ist die Wirkung der Wellen, aber selbst iefe von 20 und 30 Fufs hört diese noch nicht auf, und in

solcher Weise verschwinden die Steine und über sie fort treffen Wellen späterer Stürme ungeschwächt wieder den neuen Fufs hohen Ufers. Wie schnell das Versinken grofser Steine folgt, die dem Angriffe des Meeres ganz blofsgestellt sind, z sich einst beim Molenbau vor Pillau. Die für das Jahr 1828 stimmte geringe Verlängerung der Südermole war beendigt, un ohnfern des neuen Kopfes in der Richtung des im nächsten J auszuführenden Baues eine Sandbank sich gebildet hatte, die wenige Fufse unter Wasser lag, so schien es angemessen, das ü gebliebene Material zur Sicherung dieser Bank zu benutzen, wod eine wesentliche Erleichterung der spätern Arbeit sich als w scheinlich herausstellte. Die vorräthigen Faschinen dienten zu dung einer schwachen Unterlage, auf welche etwa 10 Schachtr Steine durchschnittlich von 2 Fufs Durchmesser geworfen wu Schon nach kurzer Zeit war die so geschaffene Insel nicht sichtbar, und als ich im nächsten Frühjahre sie suchte, konnten in der Tiefe von 24 Fufs einzelne Steine mittelst langer Peilsta noch bemerkt werden.

Die hohen und steilen Meeres-Ufer, die aus aufgeschwem Boden und namentlich aus abwechselnden Thon- und Sand-L bestehn, werden nicht allein von dem Wellenschlage, sondern von dem herausquellenden Wasser angegriffen. Grofse massen, oft mit Bäumen und Sträuchern bestanden, lösen sich den abwärts geneigten Thonschichten, wenn diese vom Wasse weicht werden, und stürzen bis zur ganzen Tiefe herab, oder f schon auf ihrem Wege einen festen Halt, wobei sie im Zusam hange bleiben und terrassenförmig auf dem steilen Ufer eine frischer Vegetation bedeckten Absatz bilden. Dergleichen Al schungen werden allein von den Quellen veranlafst, und erf auch später, wenn der Fufs bereits gegen den Angriff der W gesichert ist. In diesem Falle aber bildet sich über dem Fufse und nach eine flachere Böschung, die endlich die vollständig haltung derselben herbeiführt. Man entschliefst sich zu sc Deckungen nur, wenn wichtige Bauwerke, wie Leuchtthürme, chert werden sollen. Der Verlust an Boden, der in einem und in einer kurzen Reihe von Jahren eintritt, steht mit den E solcher Anlage in keinem Verhältnisse, und die Uferbesitzer lassen es daher, letztere darauf zu verwenden. Im Laufe de

rerden diese Verluste aber übermäfsig grofs. An manchen Stellen lr westlichen Küste des Samlandes bricht das Ufer in jedem Jahre hr stark ab, und es dürfte sich daher gewifs rechtfertigen, diesem n grofsen Landverluste endlich eine Grenze zu setzen.

Ich gehe nunmehr zur Untersuchung über das Verhalten des Kieses und Sandes am Rande des Meeres über. Dafs der Kies, ährend er durch die Wellen hin- und hergeworfen wird, sich ab- hleift, abrundet und immer kleinere Dimensionen annimmt, ist be- its erwähnt worden. Ein Zerfallen desselben in eine Menge ndkörnchen kommt indessen wohl nur vor, wenn er aus einer eicheren Gebirgsart besteht. Der feste Kies, wie etwa der Feuer- ein, zerspringt zwar bei heftigem Aufstofsen leicht in mehrere ücke, dieses geschieht indessen vorzugsweise doch nur, wenn er unförmlichen und gröfseren Knollen vorkommt. Sobald er der ugelform sich nähert und geringe Dimensionen angenommen hat, rt die weitere Zertheilung auf. Eine Umwandlung in Sand könnte aber nur noch in sofern stattfinden, als aus jedem Kiesstücke zu- tzt ein einziges Sandkörnchen sich ausbildet, wie nach dem von issi angestellten Versuche*) auch bei weicherem Gesteine geschieht. ie grofsen Sandmassen, die man am Meere wahrnimmt, lassen sich lso in dieser Weise nicht erklären, und man kann nur annehmen, afs sie entweder durch Ströme herbeigeführt wurden, oder aus dem bbruche sandiger Meeres-Ufer sich ansammelten. Im aufgeschwemm- en Boden pflegen Sandlager sehr häufig vorzukommen, wenn man uch von denjenigen Massen absieht, welche während der Stürme on der See aus heraufgetrieben werden und oft in grofser Höhe ie Ufer überdecken.

Die niedrigen Ablagerungen von Sand oder Kies vor dem Ufer, ie nur wenig über den Meeresspiegel vortreten und von höheren Wellen überspült werden, nennt man den Strand. Die Regelmä- igkeit, in welcher derselbe sich ausbildet, ist überraschend. Als ch einst behufs des Dünenbaues den Strand der Frischen Nehrung m Königsberger Regierungsbezirke aufnahm, konnte ich ohnerach- et der geringen Breite, die durchschnittlich nur etwa 15 Ruthen aafs, dennoch sehr lange Linien von 1000 Ruthen, und in einem alle sogar von 1300 Ruthen Länge darauf abstecken, und nach dem

*) Im zweiten Theile dieses Handbuches § 56.

Auftragen stellte sich die Begrenzung des Wasserspiegels als eine überaus regelmäfsige und sanft gekrümmte Linie dar. Etwas Aehnliches wiederholt sich an allen Meeresküsten. Betrachtet man die Französischen Küsten-Charten, so bemerkt man dieselbe regelmäfsige Strandbildung sowol im Canale, als im Atlantischen und im Mittelländischen Meere. Einzelne Ausläufer der Gebirge treten in die See hinaus, und zwischen diesen zieht sich der sandige Strand in flachem, etwas concavem Bogen hin. Häufig schliefst sich das Ufer nicht unmittelbar an den Strand an, derselbe besteht vielmehr, wie unsere Nehrungen, nur aus einem schmalen Landstreifen, hinter dem ein ausgedehnter Binnensee oder ein Haff liegt. Namentlich an der Küste des Mittelländischen Meeres wiederholt sich diese Erscheinung sehr vielfach. Das Städtchen Cette liegt z. B. am Fufse eines isolirten hohen Kalkfelsens, der durch den Etang de Thau vom festen Lande geschieden ist. Dieser See erstreckt sich bis gegen Agde, wo das Gebirge wieder im Cap d'Agde weit in die See tritt. Zwischen diesen beiden Bergkuppen zieht sich nun in der Länge von 2¼ Deutschen Meilen die Landzunge hin, die wenig einwärts gekrümmt, nur etwa 200 Ruthen Breite hat. Noch viel schmaler ist die Landzuge, die auf der östlichen Seite von Cette die daselbst belegenen weniger breiten und tiefen Haffe begrenzt. Hinter den in der See liegenden ausgedehnten Felsbänken vor dem Etang d'Ingri tritt die Nehrung in weitem Bogen in die See vor, doch nimmt sie weiterhin vor dem Etang de Palavas wieder die einwärts gekehrte flache Krümmung an. An der Nordküste von Frankreich, neben dem Canale gestaltet sich vielfach die Erscheinung in sofern etwas anders, als der Strand in viel schärferen Krümmungen tiefe Buchten bildet. Die Ursache dieser Abweichung mufs man wohl in den starken Strömungen der Fluth und Ebbe suchen, die durch einzelne weit vortretende Gebirgs-Ecken unterbrochen, hinter sich eine kreisförmige Strömung gleich den Neeren oder Widerströmen hinter den Buhnen in den oberländischen Flüssen veranlassen.

Dafs Sand- und Kies-Ablagerungen schon in Folge des Wellenschlages sich gegen die See einigermaafsen regelmäfsig abgrenzen müssen, leuchtet ein, in sofern die etwa vortretenden Ecken einem besonders starken Angriffe ausgesetzt sind, und daher bald verschwinden, während die vorhandenen kleineren Buchten dem Angriffe sich am meisten entziehn, und demnach die hinein getriebenen

örnchen daselbst ungestört liegen bleiben. Man mufs indessen
ich gewisse Küstenströmungen voraussetzen, um die Entstehung
nd Erhaltung des Strandes und namentlich auch der schma-
n Erdzungen oder der Nehrungen zu erklären, welche die tie-
r einspringenden Buchten des Meeres abschliefsen. Ohne solche
trömung würde der Sand nahe an der Stelle, wo er sich befin-
et, liegen bleiben, und die überaus gleichmäfsige Vertheilung des-
elben, die vor den Meeres-Ufern wirklich vorkommt, würde nicht
intreten können.*)

Ich erinnere an die Erscheinungen, welche beim Auflaufen der Wellen auf den Strand sich zeigen (§. 5). Die ganze Oberfläche desselben kommt in Bewegung, soweit sie von der Welle überfluthet wird. Die Körnchen folgen der Richtung der Welle, und sobald das Wasser zurückläuft, reifst es sie wieder mit sich. Treffen die Wellen normal gegen das Ufer, so tritt jedes Körnchen ungefähr wieder an dieselbe Stelle zurück, die es früher inne hatte, doch dieses ist ein seltener Fall. Gemeinhin laufen die Wellen etwas schräge auf das Ufer auf, und alsdann setzen sie auch die Sand- und Kieskörnchen in schräger Richtung in Bewegung, so dafs sie längs dem Strande etwas vorrücken. Käme das auflaufende Wasser vollständig zur Ruhe, so würde es in derjenigen Richtung abfliefsen, in der das Gefälle am stärksten ist, also normal gegen die Strandlinie. Bei stärkerem Wellenschlage geschieht dieses aber nicht, man bemerkt vielmehr, dafs das Wasser, sobald es auf den Strand gelaufen ist, seine fortschreitende Bewegung in der Richtung des letzteren noch beibehält, und dafs es diese beim Zurücklaufen gleichfalls verfolgt. So veranlafst schon ein mäfsiger Wellenschlag, der das Ufer nicht etwa ganz normal trifft, eine Strömung in der Richtung des Strandes und dieser folgen auch die Sand- und Kieskörnchen, indem sie im Zickzack abwechselnd immer auf- und abtreiben.

Wenn diese Strömung allein durch die Wellen veranlafst würde, so müfste sie nach der localen Richtung des Strandes bei gewissen

*) Auf den Nehrungen der Ostsee zeigt sich an einzelnen wenigen Stellen Diluvial-Boden, man mufs daher annehmen, dafs einige Inseln hier ursprünglich schon existirten und später durch Sandablagerungen des Meeres theils mit dem Festlande verbunden, theils aber in sehr grofser Ausdehnung jedesmal fortgesetzt wurden.

Winden an nahe belegenen Stellen sehr verschieden ausfallen, auch wäre es unerklärlich, wie die grofsen Sandmassen herbeigeführt werden könnten, die zur Bildung der Nehrungen erforderlich waren. Wenn dagegen eine vorherrschende Küstenströmung, unabhängig vom Winde, obwohl zuweilen von diesem unterbrochen, besteht, so ist es ersichtlich, dafs dieser Strom durch die vortretenden Ufer-Ecken bedingt, den kürzesten, also den geraden Weg von einer derselben bis zu der andern verfolgt, und dafs er den Sand, den er herbeiführt, in dem ruhenden Wasser zur Seite absetzt. Man denke einen Strand, der sich längs eines solchen Küstenstromes hinzieht, an einer Stelle unterbrochen. Wenn nun der Wind den Strand trifft so kommt die Oberfläche desselben in Bewegung und die Sandkörnchen, die auf ihrem hin und her gerichteten Wege im Allgemeinen dem Strome folgen, fallen in die Tiefe hinab, sobald sie das Ende des Strandes erreichen. Hier bleiben sie liegen, denn in gröfserer Tiefe trifft sie weniger der Stofs der Wellen, und letztere werden schwächer, sobald die Ablagerung gröfsere Höhe annimmt. Bei Winden, die in der Richtung des Stromes oder des Strandes wehen, ist diese Sandmasse sogar der Einwirkung des Wellenschlages ganz entzogen. So setzt sich der Strand immer weiter fort, und hierdurch erklärt sich auch das *Entstehen der Nehrungen*, so wie die bereits erwähnte Erscheinung, dafs die Oeffnung in denselben, welche die See mit dem Haffe verbindet, oder das *Tief*, sich an der vom Strome abgekehrten Seite befindet.

In gleicher Art bilden sich auch die *Hacken* vor Ufer-Ecken aus. Wegen ihrer freien Lage werden sie aber von den darüber laufenden Wellen immer angegriffen und bleiben daher in ihren vorderen Theilen, oft aber auch in ihrer ganzen Länge unter Wasser. Ihre Richtung stimmt immer mit der des Küsten-Stromes überein, doch pflegen sie die Wendung, die dieser hier macht, gleichfalls am äufsern Ende erkennen zu lassen. Sie bestehn aus dem Sande oder Kiese der auf dem vorhergehenden Strande antreibt, und wo solcher recht reichlich vorhanden ist, da bilden sie sich am vollständigsten aus. An der Preufsischen Ostseeküste befindet sich ohnfern des sandigen Mecklenburgischen Ufers ein solcher Hacken, der Darss genannt, der in der Richtung des vorhergehenden Strandes zuerst nördlich und dann östlich weit in die See vortritt, und noch in seiner Ausbildung begriffen ist, indem das nördliche Ufer ihm folgt. Aehnlich

Hacken, jedoch von geringerer Ausdehnung, schliefsen sich an die scharfen Ufereecken von Arcona und von Brüsterort an.

Merkwürdig sind die Hacken im Frischen Haffe zwischen Pillau und Königsberg. Fig. 27 zeigt dieselben nach der sorgfältigen Aufnahme, die der Navigations-Lehrer Becker 1825 und 1826 ausführte. Der Grund des Haffes besteht aus einem Niederschlage von Thon und Moorerde, der so weich ist, dafs die Peilstange darin tief eindringt. Die Hacken sind dagegen feste Sandablagerungen, so wie auch die Ufer theils an sich sandig, theils aber von einem sandigen Strande grofsentheils umgeben sind.

Wenn man durch das Tief von Pillau in das Haff kommt, so trifft man zunächst die weit ausgedehnten Sandbänke, die bei westlichen Stürmen mit dem hart eingehenden Strome von der Seeseite her eingetrieben und hier niedergeschlagen sind. Durch dieselbe führt in südöstlicher Richtung das Haupt-Fahrwasser, die Rönne genannt, das jedoch nur durch Baggern in der nöthigen Schiffahrtstiefe erhalten werden kann. Diese Sandbank lehnt sich nordwärts an den Camstigaler Hacken, der nahe eine Meile lang in östlicher Richtung sich hinzieht, und die nordwärts gelegene Bucht, die Fischhauser Wiek genannt, begrenzt. Wenn er an seinem äufsern Ende auch tief unter Wasser liegt, so ist er doch mit der Peilstange leicht zu erkennen, indem diese in den Sand nicht eindringt. Der Hacken verdankt ohne Zweifel seinen Ursprung dem eingehenden Strome, der wie ein Küsten-Strom an seiner Seite den Sand absetzt.

Weiterhin ist die Strömung im Haffe sehr geringe und fast unmerklich, da die Auswässerung des Pregels, die an sich schon ziemlich unbedeutend ist, in den weiten Profilen keine wahrnehmbare Geschwindigkeit mehr erzeugen kann. Auch der seewärts eingehende Strom schwächt sich in dem Maafse, wie er sich ausbreitet, und wie die vor ihm liegende Wasserfläche, in die er sich ergiefst, immer kleiner wird. Der Wellenschlag ist im Haff freilich viel schwächer, als in der See, aber dennoch hinreichend stark, um den Sand am Strande in Bewegung zu setzen. Es tritt also hier der eigenthümliche Fall ein, dafs eine vorherrschende Strömung nicht existirt und die Ablagerungen des Sandes nur von dem Wellenschlage bedingt werden, die der Wind in seinen verschiedenen Richtungen veranlafst. Diese Ablagerungen sind daher nicht nach grofsen zusammenhängenden Linien erfolgt, die durch vortretende feste

Uferpunkte von einander geschieden werden, vielmehr bemerkt i
darin nur die Wirkung der bald in dieser, und bald in jener R
tung auflaufenden Wellen, wodurch kleine Unregelmäſsigkeiten
geglichen und die Umgrenzung des tiefen Wassers innerhalb m
ger Flächen in Zusammenhang gebracht wird. Auf diese W
sind durch Hacken, die von beiden Seiten aus vortreten, getre
Bassins entstanden, welche mehr oder weniger abgerundete For
angenommen haben.

Unmittelbar vor der Mündung des Pregels ist das Haff so sch
daſs die Wirkung der Wellen auf die Sandablagerung weniger
fallend sich zu erkennen giebt. In der Entfernung von drei Vi
Meilen tritt aber schon von der Südseite der Brandenburger Ha
und demselben gegenüber, von der Nordseite ein andrer Ha
der Littaus-Sand genannt, weit vor. Im Abstande von 1¼ M
schlieſsen alsdann wieder zwei ähnliche Hacken, nämlich nord
der Peyser Hacken und südwärts in viel geringerer Länge der I
keberger Hacken ein Bassin ab. Ein andres erstreckt sich bi
den Kahlholzer Hacken, während die Fischhauser Wiek durch
bereits erwähnten Camstigaler Hacken begrenzt wird. Auch w
südwärts oder in dem sogenannten Elbinger Haff bemerkt
ähnliche Bassins. Das erste wird im Norden durch den Kahlh
Hacken und durch die Sandablagerungen vor Pillau, im Süden
gegen durch den gleichfalls weit vorspringenden Leysuhner und
gegenüber liegende kleinere Hacken bei Alt-Tief auf der Neh
begrenzt. An dieses schlieſst sich wieder ein andres Bassin,
bis an den Katthacken vor Passarge reicht, dem der Polscker Ha
gegenüber liegt.

Wenn diese verschiedenen Hacken auch ohne Zweifel zum T
mit der Gestaltung und Zusammensetzung der dahinter beleg
Ufer in Beziehung stehn, und aus dem Abbruche derselben ent
den sind, so ist die Bildung der ziemlich regelmäſsigen Bassins
schen ihnen, und das wiederholte gleichzeitige Auftreten je zw
einander gegenüberliegender Hacken doch so auffallend, daſs
annehmen muſs, es habe noch eine andere Ursache zu ihrer A
bildung Veranlassung gegeben. Diese kann aber keine andre s
als der Wellenschlag, der in Verbindung mit der schwachen S
mung am Ufer, die er zur Folge hat, den Strand ausgleicht und
als niedrige Sandablagerung oder als Hacken noch unter W

ersetzt. Die Erscheinung zeigt, wenn man das Fehlen einer vorherrschenden Strömung berücksichtigt, unverkennbare Aehnlichkeit mit der Formation der Nehrungen.

Aus dem, was über die Bildung des Strandes an der offenen See gesagt ist, ergiebt sich schon, dafs im Allgemeinen jede Unterbrechung desselben, oder jede Oeffnung im Strande bei starkem Wellenschlage und vorherrschender Küstenströmung, sofern die nöthigen Kies- oder Sandmassen herbeigeführt werden, sich verengen und wenn nicht andere Kräfte dieses verhindern, sich sogar vollständig schliefsen mufs. Die Erfahrung bestätigt dieses jedesmal. Schon im ersten Theile dieses Handbuches §. 27 ist erwähnt worden, dafs die Pontinischen Sümpfe dadurch entstanden sind, dafs Dünenketten ihre natürlichen Abflüsse verschlossen. Die Mündungen von Bächen in die See werden nach anhaltenden Stürmen vollständig gesperrt, indem der Strand ohne Unterbrechung sich über sie fortzieht, und es bildet sich die neue Mündung nicht früher, als bis das Binnenwasser so hoch gestiegen ist, dafs es anfängt, über die Sandablagerung fort zu fliefsen oder hindurch zu sickern. Die kleineren Binnenseen, die ohnfern der Pommerschen Küste liegen, verlieren fast in jedem Jahre einmal ihren natürlichen Abflufs. Vor dem Camper-See auf der Westseite von Colberg und dem Gothen-See zwischen Swinemünde und Häringsdorf habe ich wiederholentlich 5 bis 6 Fufs tiefe Gräben im Strande ausheben sehn, um den unterbrochenen Abflufs wieder darzustellen.

Die Oeffnungen im Strande erhalten sich nur, wenn sie in Folge der hindurch strömenden grofsen Wassermassen so weite Profile haben, dafs dieselben in der Zwischenzeit, wenn die Strömung unterbrochen ist, nicht erheblich verengt werden können. Ausgedehnte Binnenseen, wie das Frische und Curische Haff in Ost-Preufsen, oder das Haff zwischen Swinemünde und Stettin nehmen, wenn starke Winde die Küste treffen, und der Wasserspiegel der See sich hebt, sehr bedeutende Wassermassen auf, es bildet sich daher in ihren Mündungen während der ersten Zeit des Sturmes ein heftiger eingehender Strom, der zwar vielen Sand mit sich führt, denselben aber nicht in der engen Mündung, sondern erst weiterhin fallen läfst. Die starken Sandablagerungen in dem Haff vor Pillau und eben so auch vor der Einmündung der Swine zeigen dieses sehr deutlich. In den Mündungen selbst erfolgt der Nieder-

15

schlag nicht früher, als bis der Binnensee zur Höhe des äufsern Wasserstandes gefüllt ist, oder die Einströmung aufhört. Alsdann legt sich gemeinhin schon der Sturm, die See senkt sich und die Ausströmung beginnt, die bald so kräftig wird, dafs sie die Mündung wieder aufräumt.

Wo keine ausgedehnte Binnenseen dahinter liegen, auch keine grofse Ströme münden, kann diese natürliche Aufräumung einer vorhandenen Oeffnung nicht mehr erfolgen, und wenn man solche Oeffnung künstlich darstellen wollte, so würde sie, falls die Küste überhaupt den in Rede stehenden Versandungen ausgesetzt ist, in kürzester Zeit sich schliefseu. Dieses wird durch alle Erfahrungen bestätigt, und zwar zeigt es sich an den Ausmündungen kleiner Wasserläufe schon so augenscheinlich, dafs selbst eine flüchtige Besichtigung des Seestrandes zu der Ueberzeugung führt, die Mündung eines Seehafens könne sich nur offen erhalten, wenn eine kräftige Strömung dauernd oder periodisch hindurch geht. Die letzte ist nur in dem Falle entbehrlich, wenn der Hafen entweder in einer geschützten Bucht liegt, wo also die Wellen den Sand nur wenig bewegen, oder wo die Küste aus Felsen besteht, und Sandablagerungen davor überhaupt nicht vorkommen. An einem sandigen oder kiesigen Ufer des offenen Meeres ist daher eine Hafenanlage nur möglich, wo die Natur die Gelegenheit bietet, eine kräftige Strömung hindurch zu leiten. Je stärker die letztere, oder je ausgedehnter das Quellengebiet des ausmündenden Flusses ist, um so gröfser ist die Tiefe, die in der Hafenmündung sich erhält. Auch dieses bestätigt sich durch die Erfahrung. In den drei kleinen Häfen in Hinter-Pommern sind die localen Verhältnisse im Uebrigen sehr nahe dieselben. Sie liegen in geringen Entfernungen von einander in einer sandigen Küste und zwar bildet jeder die Mündung eines kleinen Flusses, während keiner von diesen einen ausgedehnten Binnensee durchfliefst, der beim Anschwellen der Ostsee durch Rückströmung gehoben würde. Das Quellengebiet der Persante hält 50 Quadratmeilen, das der Wipper 42, und das des Stolp-Flusses 31 Quadratmeilen. Die gewöhnlichen Tiefen dieser Flüsse in und vor ihren Mündungen betragen beim mittleren Wasserstande: bei Colbergermünde, wo die Persante in die See tritt, 12 Fufs, bei Rügenwaldermünde, oder an der Wipper, 10 Fufs und bei Stolpmünde an dem Stolp-Flufs 8 bis 9 Fufs, doch wird die letzte Tiefe bei der

emlich frequenten Schiffahrt nur dadurch erhalten, dafs bei irgend
nstiger Witterung der Bagger vor der Hafenmündung in Thätig-
it ist.

Gewöhnlich ist an solchen Stellen, wo die localen Verhältnisse
e Anlage eines Hafens begünstigen, auch das commerzielle Be-
rfnifs zur Errichtung eines solchen am gröfsten, in sofern ausge-
hnte Binnenseen und grofse, schiffbare Ströme die bequemste Ge-
genheit zum Verkehr mit dem Binnenlande bieten. Eine Ausnahme
ervon pflegt für Handelshäfen nur einzutreten, wenn unbedeutende
üfschen, die in die See münden, mit kleinen Kähnen befahren
erden oder vielleicht zum Flöfsen von Scheitholz dienen, das bei
nstiger Witterung in die auf offener See liegenden Schiffe verla-
n wird. Bei einiger Ausdehnung solchen Verkehrs wird die An-
ge eines vollständigen Seehafens und zwar von bedeutender Was-
rtiefe gefordert. Die Schwierigkeit der Erhaltung der Tiefe in
ner Mündung bleibt trotz aller sonstigen Erfahrungen ganz un-
achtet. Man weist nach, dafs seit Menschen-Gedenken oder we-
gstens in der letzten Zeit keine neue Sandablagerungen vor dem
rande sich gezeigt haben (was an der offenen See niemals ohne
ufsere Veranlassung geschieht), und hieraus schliefst man, dafs auch
Zukunft der gegenwärtige Zustand sich nicht verändern kann.
iernach kommt es also nur darauf an, die Hafenmündung soweit
ewärts herauszulegen, bis man die gewünschte Tiefe antrifft. Es
erden also Hafendämme oder Molen projectirt. Genau das-
lbe geschieht auch, wenn es sich um Verbesserung bestehender
äfen handelt, und selbst solcher, wo diese Auffassung sich schon
iederholentlich als unzulänglich erwiesen hat.

Das vorgeschlagene, sehr kostbare Mittel schafft nach allen Er-
hrungen augenblickliche Hülfe. Ob nach zehn Jahren und viel-
icht schon früher dieselben Uebelstände wieder eintreten und als-
nn noch von andern sehr grofsen Erschwernissen der Schiffahrt
gleitet sind, wird nicht beachtet. Indem man den Zusammenhang
r Erscheinungen nicht klar auffafst, so übersieht man die noth-
ndigen Folgen solcher Anlagen und hofft jedesmal, dafs die Uebel-
ände, die sich regelmäfsig später zu zeigen pflegen, in diesem spe-
llen Falle ausbleiben werden.

Die Erfolge solcher Molenbauten sind indessen leicht erklärlich,
d treten überall ein, wo die Tendenz zur Verlandung überhaupt

vorhanden ist, also wo grofse Sand- oder Kiesmassen durch Wellenschlag und Küstenströmung in Bewegung gesetzt werden und am Strande treiben. Vor unsern Ostsee-Häfen, so wie auch vor denen am Canale zwischen England und Frankreich und eben so auf einem grofsen Theile der Französischen Küste am Mittelländischen Meere zeigt sich genau dieselbe Erscheinung. Eben so wie natürliche Ufer-Ecken, also wie etwa jene vortretenden Ausläufer der Gebirge in der Nähe von Cette, unterbrechen die Molen eines Hafens den Küstenstrom und zwingen denselben, eine andre Richtung anzunehmen, als er bisher verfolgte. Die Verhältnisse werden also wesentlich verändert, und an beiden Seiten des Hafens entstehen kleine Meeresbuchten. Der Strom entfernt sich vor denselben von den Ufern und beginnt eine neue Strandbildung, die sich endlich an den Kopf der Mole anschliefst. Bei der geringen Ausdehnung der Buchten werfen die Wellen den zur Seite des neuen Stromes abgelagerten Sand bis an das Ufer und hier, im Schutze der Molen, lagert er sich sicher ab, bis die ganze Bucht gefüllt ist und nunmehr in gleicher Art, wie vor dem Bau der Molen, der Sand wieder in den Hafen treibt und eben sowol die Mündung desselben verflacht, wie er auch vor der Mündung die frühere grofse Tiefe ausfüllt.

Wenn man abbrüchige Meeres-Ufer schützen und ein weiteres Vortreten des Strandes vor dieselben veranlassen will, so wird vielfach mit mehr oder weniger Erfolg dasselbe Mittel angewendet, die beim Hafenbau unter ganz gleichen Umständen gerade die entgegengesetzte Wirkung haben soll. In beiden Fällen baut man buhnenartige Werke, die vom Ufer aus in die See treten, und die in beiden Fällen das Strandgebiet wesentlich verändern und dadurch Veranlassung zu Verlandungen geben. Der Unterschied besteht nur darin, dafs man in dem einen Falle die Verlandung beabsichtigt, und im andern sie vermeiden will. Dieses ist natürlich ohne Einflufs auf den Erfolg.

Obwohl das nähere Eingehn in diesen Gegenstand in den eigentlichen Hafenbau gehört, so dürfte es doch angemessen sein, schon hier die Mittel zu bezeichnen, durch welche dem schnellen Verflachen der Hafenmündungen vorgebeugt werden kann. Man bemühe sich, den vorbeitreibenden Sand und Kies schon in angemessener Entfernung vor dem Hafen aufzufangen. Unter den

kleinen Häfen in Hinter-Pommern sind die Sand- und Kies-Ab-
ungen vor Stolpmünde viel stärker, als vor Colberger- und Rü-
aldermünde. Die westwärts, also in derjenigen Richtung be-
en Ufer, woher der vorherrschende Küstenstrom so wie auch
eftigste Wind kommt, sind aber vor Stolpmünde am wenigsten
igt, und der Unterschied in dieser Beziehung ist so auffallend,
man einen gewissen Zusammenhang dieser beiden Umstände,
n sich sehr wahrscheinlich ist, wohl annehmen darf.
Eine zweite Vorsichts-Maafsregel ist, dafs man eine möglichst
und tiefe Bucht vor derjenigen Mole, welche vom Küsten-
e getroffen wird, zu erhalten bemüht sein mufs. Die Natur
elt zwar diese Absicht und oft in sehr kurzer Zeit, aber unter
r Bedingung darf hier durch Zäunungen und Pflanzungen das
chsen des Strandes noch befördert werden, wie doch sehr oft
ieht. Zur Zeit westlicher Stürme fliegen grofse Sandmassen
die westlichen Molen der benannten Häfen, und so auch bei
münde. Sie bilden undurchsichtige dichte Staubwolken und
Zweifel fällt ein grofser Theil dieser Massen in die Häfen,
nd ein Theil auch über die östlichen Molen fortfliegt und also
ahrwasser nicht trifft. Um diese Versandungen möglichst zu
dern, die man wohl jedesmal sehr überschätzt, pflegte man
restlichen Strand neben dem Hafen durch Bepflanzen mit Sand-
n zu befestigen, so weit dieses irgend möglich war. Hierdurch
die Sandablagerung noch schneller seewärts heraus geführt,
e sich schon in Folge der Küstenströmung ausdehnte. Das
, das man durch diese Pflanzung veranlafste, war weit gröfser,
sjenige, welches man vermeiden wollte, und die Periode, in
er neue Strand den Kopf der westlichen Mole erreichte, trat
ein und die Hafenmündung wurde in gleichem Maafse der
chung früher Preis gegeben, als wenn man den Sand hier
aufgefangen hätte. Die Molen vor dem Hafen Swinemünde,
318 bis 1823 erbaut wurden, machen eine sehr glückliche Aus-
e von allen übrigen bei uns bisher ausgeführten ähnlichen An-
, da sie bisher keiner Verlängerung bedurft haben, und auch
wärtig ein Bedürfnifs hierzu noch nicht eingetreten ist. Das
rasser in der Mündung hat noch die grofse Tiefe von 22 bis
ʃs. Die Ursache hiervon ist aber nur darin zu suchen, dafs eine
und weite Bucht, der oft versuchten Pflanzungen an der West-

seite des Hafens ohnerachtet, noch besteht, und dafs sich ein gekrümmtes Strandgebiet hier ausgebildet hat, welches den Kü strom in die Richtung des aus dem Hafen tretenden Stromes l so dafs derselbe parallel zu diesem der See zufliefst. Dafs d Verhältnifs wirklich besteht, beweist die Sandablagerung vor Kopfe der westlichen Mole, die unter Wasser die Fortsetzun letzteren bildet. Dieser Hacken, der zu beiden Seiten von t Wasser begrenzt wird, verfolgt sehr nahe die Richtung der und fällt so sanft ab, dafs er erst in der Entfernung von 260 then, vor ihrem Kopfe 12 Fufs Wasser über sich hat. Er ve gert sich auch gegenwärtig noch fortwährend, wenn gleich sein teres Vorrücken nur sehr langsam erfolgt. Ein näheres Eingel diese Bildung und die Beantwortung der Frage, ob dadurch Hafen bedroht wird, gehört in den Hafenbau. Hier sollte nu Nutzen der weiten und tiefen Uferbuchten an der Stromseite ein Beispiel nachgewiesen werden.

Der wichtigste Umstand, von dem die Erhaltung der Tiefe Hafens abhängt, ist endlich die Stärke des hindurchgehenden mes. Ein kleines Flüfschen kann in seiner Mündung die für schiffe erforderliche Tiefe nicht erhalten, wenn nicht etwa seh gedehnte Binnenseen in geringer Entfernung damit in Verbi stehn. Solche Seen nehmen bei jedem Wechsel des Wasserst der See grofse Massen in sich auf und lassen solche später v abfliefsen. Die Kunst bietet nicht leicht Gelegenheit, um in Hinsicht die natürlichen Verhältnisse zu ändern. Am meiste lingt dieses noch, wenn ein starker Fluthwechsel statt findet an der Ostsee nicht der Fall ist.

Es mag noch darauf aufmerksam gemacht werden, dafs d thige Tiefe im Hafen selbst, durch Baggern erhalten werden dafs es also vorzugsweise nur auf die kräftige Strömung i Mündung ankommt. Indem nun das Gefälle die Stärke der mung bedingt, so mufs man dafür sorgen, dafs in dem Hafen weite Durchflufsprofile dargestellt werden, die das Wasser mi fsiger Geschwindigkeit, also mit sehr geringem Gefälle durchfl lassen. Hierdurch wird der Vortheil erreicht, dafs das vorha Gefälle sich in der Mündung concentrirt, und hier, wo ein B wegen der Wellenbewegung nur selten arbeiten kann, die

jeder Verflachung durch den möglichst starken Strom wieder hergestellt wird.

Wie sehr der Nutzen eines kräftigen Stromes zur Siche- eines Hafens auch an sich klar ist, und wie übereinstimmend alle Erfahrungen ergeben, dafs an einer Küste, vor der Sand- Kiesmassen vorbeitreiben, ein Hafen nur möglich ist, wenn e Strömung seine Mündung offen erhält, so tritt dennoch im- wieder die Ansicht auf, und findet vielfach Geltung, dafs die che der Verflachung eines Hafens in dem durch den Strom igeführten Sande zu suchen sei, und dafs man also für die ltung der Tiefe am besten sorgen könne, wenn dem Strome eder dauernd oder doch zur Zeit seiner gröfsten Anschwel- ein andrer Abflufs, als durch den Hafen, eröffnet wird. Wie diese Ansicht ist, ergiebt sich deutlich aus der Erfahrung, dafs an Meeresküsten, vor welchen Sand vorbeitreibt, niemals eine ung findet, die ohne hindurchgehenden Strom sich frei erhält. t Mündungen von Bächen und kleinen Flüssen werden, wie ı erwähnt, bei Stürmen vollständig gesperrt und ein hoher d legt sich alsdann ohne Unterbrechung über sie fort. Unter- man aber das Material, das sich hier abgelagert hat, so über- ; man sich leicht, dafs es derselbe rein ausgewaschene Sand Kies ist, der den anschliefsenden Strand bildet, während von Thontheilchen des Flufswassers keine Spur darin aufzufinden Andrerseits zeigt aber auch die Erfahrung, dafs bei starken rässerungen, während die See ruhig ist, die Mündung niemals rrt wird, sondern im Gegentheile sich alsdann am vollstän- en ausbildet. Als vor einigen Jahren während heftiger Früh- stürme die Mündung des Stolpmünder Hafens sich so zulegte, die Tiefe nur noch 3 Fufs betrug, konnte man sich augen- nlich von der Ursache dieser Verflachung überzeugen, da gro- Kies, wie er auf dem dortigen Strande vorkommt, in der Mün- lag. Nichts desto weniger sollte nach der allgemeinen Mei- auch hier der Stolp-Flufs, der aufser Thontheilchen nur feinen abführt, diese Verflachung veranlafst haben, und es wurde so- h vorgeschlagen, diesem Flusse zur Seite des Hafens eine neue lung zu eröffnen, um in Zukunft einem ähnlichen Ereignisse ıbeugen.

Glücklicher Weise hat solche Absicht, so oft sie auch sprochen wird, und als sehr practische Idee gemeinhin A nung findet, dennoch vor der Ausführung gewöhnlich Bedenl regt und ist sonach nicht leicht auf die Probe gestellt word viel bekannt, giebt es nur ein einziges Beispiel dafür, dafs sem Sinne wirklich und zwar am offenen Meere verfahren i Hafen von Ostium wurde unter dem Kaiser Claudius zur S Mündung der Tiber erbaut, und nur durch einen Canal letzteren verbunden, die neben dem Hafen unmittelbar in ausmündete. Der Hafen, dem in dieser Weise die Durch ganz genommen war, versandete bald und seine Trümme gegenwärtig weit entfernt vom Meere.

Die internationale Commission, die 1858 in Paris zu trat, um über die Verbesserung der Donau-Mündungen zu ging wieder von der Ansicht aus, dafs ein Fahrwasser, nicht durchströmt wird, auch der Gefahr der Verflachung terliegt.*) Sie schlug daher vor, von demjenigen Donau der Haupt-Schiffahrtsarm sein solle, einen Schiffahrts-Ca das Ufer zu führen, denselben am obern Ende durch eine gegen Durchströmung zu sichern und ihn zwischen Steindämm in das Meer fortzusetzen, bis man die nöthige Fahrtie lich von 16 Fufs Engl. anträfe. Dieser Vorschlag fand be den Vorarbeiten und der Ausführung beauftragten Beamter schiedenen dabei betheiligten Staaten sogleich den lebhaft derspruch. Dieselben machten weite Reisen, um sich von tigkeit der Erfahrungen, die jenem Beschlusse zu Grun durch den Augenschein zu überzeugen, und so geschah es Ausführung in ganz entgegengesetzter Weise erfolgte.**) den Durchgang der Schiffe bestimmte Fahrwasser wurde Durchströmung entzogen, sondern man bemühte sich, du mäfsige Umschliefsung und Verengung den Strom darin zu verstärken. Dieses Mittel hat, wie Anfangs immer zu

*) Rapport de la Commission technique internationale convoq pour l'examen des questions relatives à l'amélioration des bouches Paris 1858. Chap. V. Pag. 66.

**) Description of the Delta of the Danube and of the Wo executed at the Sulina Mouth. Civil Engineer and Architect's Jou Pag. 115.

pflegt, bereits sehr günstige Erfolge gehabt. Beim Beginne der Arbeiten im Jahre 1858 konnten nur Schiffe von 9 Fuſs Tiefgang in die Solina-Mündung einsegeln, 1861 dagegen solche von 16 Fuſs und zeitweise sogar von noch gröſserem Tiefgange.

In gleicher Weise werden auch noch andere Projecte zu groſsartigen Hafen-Anlagen aufgestellt, deren Mündungen gleichfalls durch Schleusen geschlossen werden sollen, um die Durchströmung zu verhindern. Abgesehn von den sehr groſsen Erschwernissen der Schiffahrt, wenn jedes aus- und eingehende Schiff durchgeschleust werden muſs, verzichtet man dabei auch auf das einfachste und wirksamste Mittel zur Offenerhaltung der Mündung. Wo starker Fluthwechsel statt findet, kann man freilich die Dockschleusen nicht leicht entbehren, aber selbst in diesem Falle findet vergleichungsweise zu den hier in Rede stehenden Häfen der wesentliche Unterschied statt, daſs zur Zeit des Hochwassers die Thore geöffnet bleiben, also ein wirkliches Durchschleusen nicht vorkommt. Auſserdem bemüht man sich, soweit es irgend thunlich, dabei noch eine gewisse Spülung einzurichten, die man hier absichtlich verhindert, wiewohl die localen Verhältnisse dazu oft Gelegenheit bieten.

Wenn diese Häfen auch nicht am offenen Meere, sondern an sehr geschützten Meeresbuchten liegen, wo starke Versandungen nicht zu besorgen sind, so fehlen letztere doch an sandigen Ufern niemals ganz. Man führt zuweilen den Hafen von Danzig als Beispiel einer gelungenen Anlage dieser Art, an. Der Hafen Neufahrwasser liegt aber eines Theils nicht am offenen Meere, und sodann hat gerade hier die Erfahrung gezeigt, daſs die Beseitigung einer starken Durchströmung die Mündung keineswegs vor Versandungen schützen konnte. Dieser Hafen besteht in einem Canale, der linkseitig kurz vor der früheren Mündung der Weichsel aus derselben abgeht. Als man gegen das Ende des siebenzehnten Jahrhunders den Schiffahrtsweg seitwärts verlegt, und bald darauf an seinem obern Ende eine Schleuse erbaut hatte, um die Schiffe gegen den Eisgang der Weichsel sicher zu stellen, war derselbe bis zum äuſsersten Ende des auf der Nordseite erbauten Schutzdammes nur etwa 200 Ruthen lang, und gegenwärtig sind die beiderseitigen Einfassungen, die Anfangs jedesmal frei liegende Hafendämme waren, so weit ausgedehnt, daſs der Kopf des östlichen Dammes mehr als 500 Ruthen von der ehemaligen Schleuse entfernt ist. Die geschicht-

lichen Nachrichten weisen auch nach, dafs man vielfach theilweise Verlängerungen der Hafendämme vornehmen mufste.*) Wenn in den letzten dreifsig Jahren weitere Verlängerungen nicht vorgekommen sind, und voraussichtlich auch in Zukunft entbehrlich sein werden, so rührt dieses aber allein von der sehr geschützten Lage der Hafenmündung her, vor der ein kräftiger Dampfbagger mit seltenen Ausnahmen den ganzen Sommer hindurch arbeiten kann, und auch wirklich sehr häufig arbeitet und die Sandablagerungen beseitigt.

Wenn ein Binnensee oder eine zusammenhängende Kette von solchen an zwei verschiedenen Stellen mit dem Meere in Verbindung steht, so kann es sich ereignen, dafs bei gewissen Winden eine dauernde Durchströmung statt findet. An derjenigen Mündung, die vom Winde getroffen wird, wo also der Spiegel der See sich erhebt, tritt das Wasser ein, und da gerade hier in Folge des starken Wellenschlages alsdann auch der Sand in Bewegung gesetzt und von einer oder der andern Seite längs dem Strande herbeigeführt wird, so folgt er dem Strome. Wenn er auch nicht in der engen Mündung liegen bleibt, so geschieht dieses doch unmittelbar dahinter, wo das Profil sich erweitert. Diese nachtheilige Einströmung ist aber anhaltend, weil das Wasser auf der andern Seite abfliefst, es werden daher, so lange der Sturm anhält, immer neue Sandmassen hinein geworfen. Die Ausströmung dagegen, die wegen des reinen Wassers, das sie abführt, von besonderer Wichtigkeit für die Erhaltung der Tiefe ist, bleibt sehr mäfsig und kann nicht lange anhalten, weil das eingetriebene Wasser schon auf der andern Seite abgeflossen ist.

Will man in solchem Falle günstigere Verhältnisse herbeiführen, so mufs man eine Oeffnung ganz oder wenigstens zeitweise schliefsen. Diejenige Oeffnung, welche die eigentliche Hafenmündung bildet, mufs jedenfalls den ausgehenden Strom behalten, wird diese also mit einer Schleuse versehn, so darf solche nur während heftiger und anhaltender Einströmung geschlossen werden. Viel vortheilhafter ist es, die andre Oeffnung, oder an irgend einer passenden Stelle die innere Verbindung zu sperren. Will man hier aber die Binnen-Schiffahrt erhalten, so hindert nichts, eine entspre-

*) Geschichte der Veränderungen des Danziger Hafens, von Severin, in den Bau-Ausführungen des Preufsischen Staates. Band I. Seite 36 ff.

leine Schiffs-Schleuse mit vier Thorpaaren zu erbauen,
›n höheren Wasserstand auf beiden Seiten abhalten kann.
›dann dasselbe sehr vortheilhafte Verhältnifs herbeigeführt,
ein Binnensee mit einer einzigen Oeffnung hinter dem
gt, und man hat nur dafür zu sorgen, dafs dieser See die
gröfste Ausdehnung behält.
ange die beiderseitigen Oeffnungen bestehn, so ist in der
e eine derselben der Gefahr der Verlandung in hohem
sgesetzt. Die Formation der beiden schmalen Landzungen,
ıbe und der Schmalen Heide, auf der Ostseite der Insel
on denen schon die Rede war, läfst deutlich erkennen, dafs
ıls Nehrungen ausgebildet haben, also aus früheren Mee-
n hervorgewachsen sind. Vor ihrer Entstehung standen
›nseen, die jetzt allein auf der Westseite, also der Insel
)e gegenüber, mit dem Meere verbunden sind, auch auf der
mit demselben in Verbindung. Diese Oeffnungen haben
selbst geschlossen. In manchen Fällen erhalten sich selbst
ɜeren, die keinem merklichen Fluthwechsel unterworfen
i und sogar mehrere Oeffnungen, doch geschieht dieses
ır, wenn die Wasserflächen sehr grofse Längen-Ausdehnung
ıd unter sich sehr auffallend in verschiedene Abschnitte ge-
l. Das Frische Haff in Ost-Preufsen, von dem ein Theil
I dargestellt ist, hat in früherer Zeit noch in der Nähe von
bei *A*, und dem Leysuhner Hacken gegenüber bei *B* mit
n Verbindung gestanden, und sowol nach den historischen
ɜrungen, als auch nach der Gestaltung und Beschaffenheit
des leidet es keinen Zweifel, dafs hier wirklich Verbindun-
der See existirten. Sie bestanden indessen nicht gleich-
ɜr vielleicht war das Haff damals noch durch zwischenlie-
ındzungen in mehrere Theile getrennt. Das gegenwärtige
Pillau bildete sich erst aus, nachdem das sogeannte Bal-
bei *B* sich bereits sehr verflacht hatte, wozu nach den
ichen Nachrichten die Versenkung von mehreren Schiffen
ıung gegeben haben soll.
Curische Haff hat, soviel bekannt, stets nur eine Verbin-
der See gehabt, und zwar dieselbe, die noch existirt, wenn
h durch Verlängerung der Nehrung im Laufe der Zeit wei-
wärts gerückt zu sein scheint.

Das Frische Haff in Pommern hat dagegen drei Verbindungen mit der See: die Peene, die Swine und die Dievenow. Seine Längen-Ausdehnung mifst 6 Meilen, und wenn man das Achterwasser hinzurechnet, sogar 10 Meilen. Aus letzterem ergiefst sich die Peene in das Meer, die Dievenow dagegen aus einem durch hohe Untiefen getrennten Theile des Haffes, die Paulsdorfer Bucht genannt, und aus dem Kamminer Bodden, während die Swine das Wasser aus dem eigentlichen Haff, das wieder in das kleine und das grofse Haff zerfällt, abführt. Alle drei Ausmündungen sind langgestreckte Stromarme, während an mehreren andern Stellen nur schmale und niedrige Sandstreifen das Haff vom Meere trennen, wie bei Misdroy und bei Koserow.

Der Greifswalder Bodden, der freilich keine grofse Längen-Ausdehnung hat, mündet sowol an der östlichen, wie an der westlichen Seite der Insel Rügen in die See. Dieser Umstand verhindert, dafs bei gewissen Winden das Wasser auf der äufsern Seite sich ausgleichen kann, und hat daher Veranlassung gegeben, dafs das lange und vielfach gekrümmte Fahrwasser, das bei Stralsund vorbeiführt, sich dauernd erhält, wiewol die Wassertiefe, welche die Schiffahrt fordert, hier in gröfserem Maafse, als gewöhnlich geschieht, durch Baggerung dargestellt ist und erhalten werden mufs.

Endlich verdient noch die 7 Meilen lange Kette von Seen Erwähnung, die im Norden von Stralsund, südlich von der Insel Hiddins-Oe beginnt und sich bei Barth vorbei bis Ribnitz im Mecklenburgischen erstreckt. Auf der Ostseite hat sie eine weite Mündung in die Proner Wiek vor der Insel Rügen und daneben ist sie nur durch eine hohe Sandbank, von nahe 1 Meile Länge, der Bock genannt, von der offenen See getrennt. Diese Bank, obwohl vielfach von etwas tieferen Rinnen unterbrochen, liegt nahe in der Höhe des gewöhnlichen Wasserspiegels der See. Aufserdem existirt noch eine andere Verbindung mit der See, nämlich der Prerow-Strom, der etwa eine Meile lang und sehr gekrümmt ist. Er führt gewöhnlich grofse Wassermassen in kräftiger Strömung ab und mündet auf der Ostseite von Darsser-Ort. Soweit die historischen Nachrichten reichen, hat er stets, obwohl mit vielfachen Veränderungen seines Laufes, existirt. Die schmale Landzunge, das Fischland genannt, welches bei Wustrow auf der Westseite den Saaler Bodden (den letzten in dieser Seenkette) von der Ostsee trennt, liegt zum Theil so

lafs das Hochwasser hinübertritt, und es zeigen sich darin
ren von künstlichen Anlagen, die vermuthen lassen, dafs
schiffbare Verbindung hier darzustellen versucht hat. Bei
a Lage dieser Küste sind indessen durch den hinzutreiben-
l die Verbindungen der beiderseitigen Wasserflächen immer
ald geschlossen.

denjenigen Meeren, in welchen die Fluth und Ebbe stark
kommen Haff-Bildungen mit vorliegenden Nehrungen nicht
r, oder letztere sind vielfach durchbrochen, woher sie sich
l-Reihen verwandeln. An der westlichen Küste von Nord-
sieht man die Nehrungen noch sehr vollständig ausgebildet,
ler Fluthwechsel nur 1 oder 2 Fufs beträgt. Dieses ist der
den Ufern der Staaten Florida, Indiana, und weiterhin wie-
Cap Hatteras in Nord-Carolina, so wie in geringerem Maafse
r-Yersey und Long-Island, obwohl der Fluthwechsel hier
Fufs mifst. In den zwischenliegenden Strecken, woselbst
h bis 7 und 8 Fufs ansteigt, bemerkt man dagegen sehr
Unterbrechungen in solchen Landzungen, so dafs jedes da-
iegende Haff eine grofse Anzahl von Mündungen hat.

ır auffallend tritt diese Erscheinung auch in der Nordsee
onders in der langen Inselreihe, die mit Texel beginnt und
er 30 Deutsche Meilen weit bis Wangeroog vor der Mündung
le hinzieht. Diese Inseln zeigen auf der Seeseite die voll-
e Dünenbildung und wenn sich im Innern zuweilen auch
arer und culturfähiger Boden vorfindet, so darf man ihre
ing doch nicht von der ursprünglichen Formation des Bodens
n, vielmehr ist anzunehmen, dafs bei dem starken Fluthwech-
zelne Rinnen, die vielleicht zufällig zwischen ihnen entstan-
egen der immer wiederkehrenden starken Durchströmung sich
ten und erweiterten und nicht wieder schlossen, bis endlich
llständige Trennung erfolgte. Auch vor der Küste von Schles-
iederholt sich, namentlich neben der langgestreckten Insel Sylt
ähnliche Erscheinung.

Der vor dem Strande vorbeitreibende und darauf aufgeworfene
bleibt zum Theil nicht dauernd ein Spiel der Wellen, und na-
lich vor geschützten Ufern häuft er sich von selbst an. Ihn
fangen, regelmäfsig abzulagern und zu befestigen, ist vorzugs-
e der Zweck des Dünenbaues, der später ausführlich behan-

delt werden wird. Doch bleibt dieser Sand keineswegs immer auf dem Strande, vielmehr wird er, bevor er bewachsen ist, bei heftigen Seewinden, wenn dieselben auch mit Regen verbunden sind, landwärts getrieben. Grofse Massen Sand überdecken alsdann, oft in Entfernungen bis zu einer halben Meile den Boden und nehmen ihm seine Ertrags-Fähigkeit, oft auch bildet er hier weit ausgedehnte, ganz kahle Sandschellen, von wo er wieder, vom Winde in Bewegung gesetzt, weiter getrieben wird. Besonders auffallend ist es, dafs hohe und steile Ufer diesem Sandfluge kein Hindernifs entgegensetzen, vielmehr gerade solche ihn vorzugsweise zu begünstigen scheinen. Wenn ein starker Seewind diese Ufer trifft, so erzeugt derselbe vor dem Fufse einen bedeutenden Druck, und indem die comprimirte Luft keinen andern Ausweg als nach oben findet, so entsteht eine heftige aufwärts gerichtete Luftströmung. Diese giebt sich schon durch das Gefühl sehr auffallend zu erkennen. Wenn man unmittelbar auf dem Rande eines steilen Abhanges steht, so ist man vor dem Sturme geschützt, obwohl kein Gegenstand hier den Wind abhält und man gerade hier dem Sturme in seiner gröfsten Stärke ausgesetzt zu sein glauben sollte. Die aufwärts gerichtete Strömung setzt aber noch über das Ufer hinaus ihre Bewegung fort, und so geschieht es, dafs sie nicht plötzlich ihre Richtung verändert, vielmehr erst in einiger Höhe über der steilen Dossirung horizontal abgelenkt wird. Ueber dem hohen Ufer tritt daher eine auffallende Ruhe ein.

Dieser aufwärts gerichtete heftige Luftstrom reifst nun den Sand mit sich fort, und führt ihn auf das hohe Ufer. Zur Zeit eines Sturmes ist dasselbe in diese Sandmasse so dicht eingehüllt, dafs es mit einem starken Nebel bedeckt erscheint. In dieser Weise ist der Streckelberg, drei Meilen westwärts von Swinemünde, der sich etwa 150 Fufs über die See erhebt und aus festem Thonboden besteht, bis 20 Fufs hoch mit Seesand überdeckt, und in gleicher Weise bemerkte ich an der Portugisischen Küste, wo vor den steilen Felsufern ein Strand sich gebildet hatte, in der Höhe von einigen hundert Fufsen darüber ausgedehnte Sandschellen.

Wesentlich anders als am offenen Meere erfolgt die Uferbildung in tiefen und geschützten Buchten oder in Binnenseen, die mit dem Meere in Verbindung stehn. Sehr auffallend zeigt sich dieser Unterschied in den beiden Mündungen der Weichsel. Der

m, der diesen Namen beibehält und sich ostwärts von Danzig in
Ostsee ergiefst, setzt vor seiner Mündung nur reinen Sand ab,
d zwar geschah dieses in der früheren Mündung eben so wol, als
der jetzigen. Der andere Arm dagegen, die Nogat, der in das
ische Haff eintritt, bildet im letzteren Niederschläge, die aufser
m Sande auch eine Masse thoniger und vegetabilischer Theile
thalten, und die daher im Laufe der Zeit zu sehr fruchtbaren Nie-
rungen anwachsen. Wie schnell das Land emporwächst, ist be-
its im ersten Theile dieses Handbuches, §. 25, nachgewiesen. Die
ergleichung mit älteren Charten ergab, dafs das Ufer zwischen den
ahren 1794 und 1838 jährlich um 11½ Ruthen vorgerückt war. In
euster Zeit hat dieses Vorschreiten wahrscheinlich sich sehr ver-
mindert, da bei Gelegenheit der Ueberbrückung beider Arme die
Vertheilung des Wassers vor der Montauer Spitze so gemacht ist,
afs nur noch ein sehr geringer Theil desselben der Nogat zuge-
wiesen wird.

Ohne Zweifel führten beide Arme, die Weichsel, wie die Nogat,
tets dasselbe Wasser ab, das zur Zeit der Anschwellung des Stro-
mes in beiden gleichmäfsig mit Sand, Thon und andern Bestand-
theilen versetzt war. Sobald es aber durch die Weichsel-Mündung
n die See trat, wurde der Niederschlag sogleich durch die Wellen-
bewegung ausgewaschen und grofsentheils fielen die feinen Theil-
chen gar nicht zu Boden, folgten vielmehr dem Strome soweit, bis
ie endlich zu einer Tiefe herabsanken, wo sie von den Wellen
nicht mehr berührt werden. Vor dieser Mündung konnten also nur
die schweren Theilchen liegen bleiben, die bei der schwächeren
Strömung zu Boden sanken. Im Haff dagegen, wo nur selten, und
n dieser Gegend sogar nur mäfsiger Wellenschlag eintritt, kann das
Wasser sich viel vollständiger klären, so dafs auch thonige und ve-
getabilische Theilchen niederschlagen. Die Erscheinung ist dem-
nach hier wesentlich von derjenigen verschieden, die man am offe-
nen Meere bemerkt. Das Ufer wächst in Binnenseen vor den Strom-
mündungen an, und der neue Anwuchs ist nicht nur Sand, son-
dern fruchtbarer Boden.

In tiefen und geschützten Meeresbuchten wiederholt sich die-
selbe Erscheinung aus gleichem Grunde, obwohl hier die Sandab-
lagerungen doch schon viel reiner zu sein pflegen. Wo sich aber
ganz reiner Sand vorwirft, da ist es zweifelhaft, ob derselbe durch

den Strom oder durch das Meer herbeigeführt wurde. Dafs let teres in weite Strommündungen Sand eintreibt, ergiebt sich sch aus dem, was oben über die Abschliefsung der Oeffnungen i Strande gesagt ist. Es mufs hinzugefügt werden, dafs solche San ablagerungen in grofsem Maafse auch an den Binnenseiten der Au mündungen der Haffe vorkommen, durch welche doch gewifs ke Sand aus den einmündenden Flüssen und Strömen herbeigefüh werden kann, weil solcher bei der überaus geringen Geschwindi keit nothwendig schon früher niederfallen mufste. Der Sand, d man in den Haffen vor ihren Ausmündungen findet, kommt au nicht aus dem Binnenlande und aus den Flüssen, sondern aus d See. Dieses zeigen die darin befindlichen Seemuscheln. Beim Au baggern der Fahrrinne in der Fortsetzung der Swine, also im Haf selbst, gab die nähere Untersuchung des gehobenen Sandes dies deutlich zu erkennen.

Eine besondere Erwähnung verdient endlich noch die Entst hung der fruchtbaren Flächen, die man **Marschen** nennt, und d aus dem Meeresboden emporwachsen, ohne dafs ein Strom in d Nähe die feinen Erdtheilchen vom Binnenlande her herbeiführt. D Erscheinung wiederholt sich nur an solchen Stellen, wo seewär in grofser Ausdehnung fruchtbarer Boden unter Wasser liegt, w also weite Flächen aufgeschwemmten Landes durch das Meer i früheren Zeiten zerstört sind. Sobald das darüber stehende Wass durch Wellenschlag und Strömung bewegt wird, so löst es die fe nen Theilchen der Oberfläche, hebt sie und nimmt deren so vie in sich auf, dafs es stark getrübt wird. Wenn alsdann eine hefti Strömung dieses Wasser in geschützte Busen oder Buchten füh wo es bei eintretender Ruhe die Erde fallen läfst, und wenn d selbe Vorgang in kurzen Zwischenzeiten sich immer wiederholt, ist es erklärlich, dafs der Boden schnell aufwachsen mufs. Di Bedingungen können nur erfüllt werden, wo ein starker Fluthwe sel statt findet, und wo geschützte Meeresbusen dahinter lie Beispiele hiervon sind der Dollard an der Mündung der Ems der Jade-Busen. Ich habe bereits erwähnt, dafs der Thonbo unter der Sandablagerung, welche die Insel Wangeroog bildet, kleinsten Wasser zu Tage tritt. Mit den thonigen Theilchen sch gert sich also das Seewasser sowol hier, als auch noch mehr den Watten innerhalb der Inselreihe, und indem es bei der F

die erwähnten beiden Busen füllt, so führt es ihnen grofse Erdmassen zu, von denen nach den an der Jade-Mündung angestellten Messungen ein sehr bedeutender Theil daselbst zurückbleibt oder den Boden erhöht. Diese weichen und niedrigen Thon-Ablagerungen, die zur Zeit des niedrigsten Wassers daraus hervortreten, nennt man Watte. Sie wachsen immer mehr an und bald bildet sich einige Vegetation darüber, die den weiteren Niederschlag durch die gröfsere Ruhe und in Folge dieser durch die vollständigere Abklärung des Wassers noch mehr befördert. Sobald der Boden höher anwächst, wird aber die darüber tretende Wasserschicht immer niedriger, und hierdurch vermindert sich die Masse der aus ihr herabsinkenden erdigen Theilchen. Hat der Boden endlich die Höhe der gewöhnlichen Fluthen erreicht, so wächst er nur noch unmerklich weiter. Er ist alsdann zur Eindeichung geeignet.

Obwohl in diesen Fällen die Fluth in Verbindung mit dem Wellenschlage und den Strömungen, die sie veranlafst, sehr fruchtbare Alluvionen erzeugt und grofse Landesflächen aus dem Meere vortreten läfst, so können dennoch, und zwar an eben diesen Stellen, ihre Wirkungen mit den äufsersten Zerstörungen verbunden sein. Solche Ereignisse sind zwar ohne Zweifel zum Theil dadurch veranlafst, dafs die Eindeichungen vorgenommen waren, bevor das Land die nöthige Höhe erreicht hatte, nichts desto weniger trocknet der Boden mehr aus, sobald er durch Deiche geschützt ist, und sinkt daher tiefer herab, so dafs er nach längerer Zeit wieder unter der gewöhnlichen Fluthhöhe liegt, und daher vollständig vom Hochwasser bedeckt werden würde, wenn dieses Zutritt fände. Dieses geschieht bei Deichbrüchen, und das Einlaufen des Wassers bei der Fluth, wie das Auslaufen desselben bei der Ebbe veranlafst sehr heftige Strömungen, die um so stärker und gefährlicher sind, je weiter die Fläche sich ausdehnt, die abwechselnd immer gefüllt und entleert wird. Die Zerstörungen sind aber besonders grofs, wenn der Boden als Ackerland benutzt wird, und seine Oberfläche deshalb aufgelockert ist und keinen Schutz in festem Rasen findet. Wo Deichbrüche vor einem der Fluth und Ebbe unterworfenen Gewässer eingetreten sind, mufs man mit Aufbietung aller Kräfte sich beeilen, die Deiche möglichst schnell wieder zu schliefsen, weil die Zerstörung nicht nur von 6 zu 6 Stunden sich immer wiederholt,

sondern auch immer nachtheiliger wird, indem tiefe Rinnen sich ausbilden, welche den Zu- und Abflufs erleichtern und dadurch verstärken.

In früherer Zeit, als das Deichwesen noch nicht gehörig geordnet und für schleunige Instandsetzungen noch nicht gesorgt war, sind wiederholentlich Zerstörungen eingetreten, welche heutiges Tages unglaublich erscheinen und jede Vorstellung übertreffen. Von der Verwandlung des Süd-Holländischen Waards in ein weites und tiefes Binnenwasser ist schon früher (im zweiten Theile dieses Handbuches §. 72) die Rede gewesen. Eben so soll der Dollard, der vor den später darin erfolgten Verlandungen etwa 7 Quadratmeilen enthielt, durch den Bruch eines Ems-Deiches im Jahre 1277 entstanden sein. Einige dreifsig Städte und Dörfer befanden sich auf der zerstörten Landfläche.*)

Auch der Busen der Jade entstand durch wiederholtes Eindringen der Fluthen in ein reiches und bevölkertes, bereits eingedeichtes Land. Am 17. November 1218 erfolgte vorzugsweise ein solcher Einbruch, wodurch sieben Kirchspiele theils zerstört und theils vom festen Lande getrennt wurden. Die Ueberlieferungen erwähnen vorzugsweise der Klöster und Kirchen, die ihren Untergang dabei fanden. Die vereinzelten übriggebliebenen Theile der Dörfer wurden verlassen, weil die wenigen Bewohner derselben nicht im Stande waren, sich gegen die Fluthen zu schützen. Die Abgeordneten der sieben Seelande fafsten hierauf den Beschlufs, dafs in dringenden Fällen die benachbarten Dorfschaften Hülfe leisten sollten. Dieses war vielleicht das erste Beispiel eines ausgedehnten Deichverbandes. Nichts desto weniger wurde dem Andrange der Fluthen doch keine Grenze gesetzt, und der Busen gewann im Laufe der Zeit immer gröfsere Ausdehnung. Namentlich trat wieder am 17. Januar 1511 bei der sogenannten Antoni- oder der Eis-Fluth eine übermäfsige Zerstörung ein. Ein heftiger Orkan löste plötzlich das Eis, und trieb grofse Schollen gegen die Deiche, die dadurch brachen. Eine Menge Dörfer und unter diesen auch Oberahn, von dessen Feldern noch ein kleiner Theil als Insel im Jade-Busen

*) Sehr ausführliche Nachrichten findet man hierüber in dem Werke „de Dollard" von Stratingh und Venema. Groningen 1855.

wurde damals zerstört, so wie auch das Dorf Band, von
n Kirche man die Ruinen vor dem Preufsischen Jade-Gebiete
sehn kann. Das Jeverland wurde damals vom Lande Olden-
vollständig getrennt, indem die Breite des Busens sich auf
drei Deutsche Meilen ausdehnte.*) / Seit jener Zeit sind durch
ionen grofse Flächen rings um den Busen und namentlich an
estlichen Seite wieder gewonnen.

von Halen, Geschichte des Herzogthums Oldenburg. Theil I, Seite 186
8.



Zweiter Abschnitt.

Eindeichungen am Meere.



§. 13.

See - Deiche.

Die Eindeichungen am Meere sind von denen an den oberen Strömen (Theil II. dieses Handbuches §. 129) in mancher Beziehung wesentlich verschieden. Vorzugsweise bedingt der durch Fluth und Ebbe in kurzen Zwischenzeiten veranlafste Wechsel des Wasserstandes eine andre Behandlung der See-Niederungen oder See-Marschen. Solche kommen überhaupt nur an denjenigen Meeren vor, wo ein starker Fluthwechsel statt findet. An den Ufern der Ostsee sind sie nirgend vorhanden. Wenn zuweilen, wie etwa in der Danziger Binnen-Nehrung die fruchtbare Weichsel-Niederung sich bis nahe an die See ausdehnt, so liegt hier doch eine hohe Düne dazwischen, welche jede Einwirkung der See aufhebt und die Eindeichung und Entwässerung der Polder allein vom Verhalten der Weichsel abhängig macht. Wenn dagegen die Deiche einzelner Polder stellenweise den Haffen sich nähern, so sind sie zwar unter Umständen einem stärkeren Angriffe ausgesetzt, als Flufsdeiche, aber der Unterschied ist nicht so grofs, dafs sie nicht als solche angesehn werden könnten.

Der Fluthwechsel gewährt für die Entwässerung den sehr grofsen Vortheil, dafs das Binnenwasser nicht etwa nur bis zum mittleren Stande des Meeres, sondern bis nahe auf Niedrigwasser gesenkt werden kann. Aufserdem giebt der Fluthstrom, wie bereits erwähnt, vielfach zum Entstehen neuer und fruchtbarer Landflächen Veranlassung, und bei Eindeichung derselben wird man, wenn nicht etwa die Spülung eines Fahrwassers oder Hafens in Betracht kommt, durch die Rücksicht auf Erhaltung einer gewissen Profilweite nicht beschränkt. Andrerseits sind die Seedeiche, so wie auch die darin

liegenden Siele, oder Entwässerungsschleusen, einem ungleich stär-
keren Wellenschlage ausgesetzt, als Flufsdeiche, und das Bedürfniss
ihrer vollständigen Sicherung ist um so dringender, als beim Bruche
von Seedeichen, wenn die Oeffnungen nicht sogleich geschlossen
werden, die Niederungen durch das Ein- und Ausströmen des Fluth-
wassers einer vollständigen Zerstörung Preis gegeben werden.

Am offenen Meere kommen nicht leicht Deiche vor. Auf-
schlickung findet hier nicht statt, es bilden sich daher auch keine
neue Marschen. Wo solche aber aus früheren Perioden vorhanden
sind, und das Meer nach und nach die Ufer abgebrochen hat, da
tritt die Nothwendigkeit ein, das Uebertreten des Hochwassers zu
verhindern und zugleich die vorhandenen Ufer gegen ferneren Ab-
bruch zu schützen. In welcher Weise der letzte Zweck zu errei-
chen, wird später behandelt werden, dem Uebertreten des Hoch-
wassers kann man aber nur durch Deichanlagen begegnen. Ge-
wöhnliche Deiche haben indessen nicht die erforderliche Haltbar-
keit, um dem vollen Wellenschlage zu widerstehn, man mufs daher
in solchem Falle ganz ungewöhnliche Schutzmittel anwenden, wie
etwa bei dem Deiche geschehn ist, der sich von der Mündung des
Hafens Nieuwen-Diep beim Helder vorbei bis zu den Dünen des
westlichen Strandes von Nord-Holland hinzieht. Derselbe ist über
Wasser bis gegen die Krone mit schweren Steinen gepflastert und
unter Wasser durch eine starke Steinschüttung bis zum Grunde ge-
deckt. Man kann aber kaum von diesem Deiche sagen, dafs er
am offenen Meere liegt, er begrenzt vielmehr nur das Marsdiep,
oder das Fahrwasser, das sich zwischen Holland und der Insel Texel
hinzieht. Einige Meilen weiter südwärts, bei Petten, ist das Ufer,
das ganz frei am Meere liegt, sehr stark abgebrochen, und auf der
Binnenseite begrenzt es den reichen und sehr fruchtbaren Polder
Zype. Uferschutz-Werke von grofser Bedeutung sind hier ausge-
führt, und ein Sanddeich hinter denselben sichert das Land gegen
Ueberfluthung. Statt eines gewöhnlichen Deiches hat man also eine
künstliche Düne gebildet. Dasselbe ist auf der Nord- und Süd-
seite der Mündung der Wester-Schelde an verschiedenen Stellen
geschehn.

Eigentliche Seedeiche kommen nur in Meeresbuchten oder
an solchen Ufern vor, die durch Inselreihen und ausgedehnte hohe
Wattgründe vor dem stärksten Wellenschlage geschützt sind. Die

ganze Nordsee-Küste von der so eben erwähnten Ecke in Nord-Holland an, den Mündungen der Weser und Elbe vorbei, längs Holstein und Schleswig bis Jütland hin, liegt hinter Inseln oder weit ausgedehnten Watten, und hier ist das Land fast überall niedrig und durch Deiche geschützt, indem das wasserfreie höhere Terrain, oder die Geest, nur selten an das Meer tritt. In den Buchten dieses Küstenstriches, so wie auch an einzelnen, besonders geschützten Strecken desselben, zeigen sich starke Alluvionen und ein fruchtbarer Boden wächst empor, der, sobald er die nöthige Höhe und angemessene Breite erreicht hat, eingedeicht und dem festen Lande angeschlossen wird.

In den untern Stromstrecken findet, wie bereits erwähnt, Ebbe und Fluth gleichfalls statt, auch sind die Mündungen so weit, daſs der heftige Wellenschlag der See hineintritt. Die Deichverhältnisse sind daher hier dieselben, wie in jenen Buchten, und man muſs die Deiche an den untern Strom-Theilen als Seedeiche behandeln. Die *Grenze zwischen Fluſs- und Seedeichen* läſst sich nicht scharf bezeichnen. Gemeinhin nimmt man an, daſs sie an derjenigen Stelle liegt, wo die Rückströmung der Fluth gewöhnlich aufhört, wo also nur ein geringer Fluthwechsel statt findet.

Im Allgemeinen stimmt die Anordnung und Ausführung der Seedeiche mit der der Fluſsdeiche nahe überein. Aus dem, was bereits erwähnt ist, ergiebt sich aber schon, daſs neue Eindeichungen am Meere häufiger vorkommen, als an den obern Strömen. An letzteren hat man schon in früherer Zeit die Eindeichungen so weit ausgedehnt, als irgend zulässig war, ja man ist sogar häufig weit über dieses Maaſs hinausgegangen. In neuerer Zeit bezieht sich daher der Deichbau an Strömen mehr auf die Regulirung und angemessene Verbindung solcher älteren Anlagen, als daſs man ausgedehnte Niederungen, die bisher offen waren, noch eindeichen und in Polder verwandeln könnte. Dieses ist wenigstens in denjenigen Ländern der Fall, die seit Jahrhunderten cultivirt sind.

Am Meere und eben so auch an den weiten Strommündungen ist das Verhältniſs ein ganz anderes. So oft nicht etwa die Rücksicht auf Erhaltung des Fahrwassers es verbietet, darf man die Eindeichungen weit ausdehnen, ohne daſs eine Besorgniſs wegen der *Beschränkung des Profiles* sich rechtfertigen lieſse. Wo daher weite Alluvionen sich gebildet haben, kann gewöhnlich auch

eine neue Eindeichung vorgenommen werden. Die Rücksichten, welche man hierbei zu nehmen hat, sollen im Folgenden ausführlich erörtert werden. Dieser Fall wiederholt sich aber nicht nur am Dollard und an der Jade in ziemlich kurzen Zwischenräumen, sondern auch im Königreich der Niederlande sind noch in neuster Zeit eine Menge Eindeichungen ausgeführt. So ist vor wenig Jahren der Anna-Paulowna-Polder in Nord-Holland, der Insel Wieringen gegenüber, entstanden, und es ist Absicht, selbst diese Insel durch einen neuen Polder mit dem festen Lande zu verbinden. Auf der östlichen Seite der Insel Texel sind vor zwanzig Jahren neue Eindeichungen vorgenommen. Auch in der Provinz Groningen sind zwischen dem Busen, der Laauwer-See genannt, und dem Dollard während der letzten dreifsig Jahre sehr grofse Landflächen gewonnen.

Der Umstand, dafs man bei Seedeichen die Verengung des Profiles nicht berücksichtigen darf, bietet eine wesentliche Erleichterung in ihrer Anlage. Hieraus ergiebt sich aber noch ein andrer, eben so wichtiger Vortheil, in sofern nämlich kein Seedeich das Durchflufs-Profil in nachtheiliger Weise beschränkt, so verursacht er auch keinen Stau, und erhöht also nicht den Wasserstand des Hochwassers. In dieser Beziehung ist man wegen der zu wählenden Kronenhöhe weit weniger in Ungewifsheit, als bei neuen Eindeichungen an Strömen, oder bei der Abschliefsung von Fluthrinnen neben den letztern. Der bisher beobachtete höchste Wasserstand ist für die neue Eindeichung an der See unbedingt maafsgebend, und die daneben liegenden ältern Deiche werden auch keinem vermehrten Stau durch sie ausgesetzt, während an den Flüssen jede Verengung des Fluthprofiles einer gewissen Vergröfserung des Gefälles, und sonach einer Erhebung des Oberwassers entspricht. Unter ungünstigen Umständen, und namentlich wenn schwere Eisversetzungen sich gebildet haben, giebt es in der That bei eingedeichten Strömen keine Grenze der Anschwellung. Dieselbe nimmt bei dauerndem Zuflusse immer mehr zu, bis sich endlich durch einen Deichbruch ein Abflufs eröffnet. Die Wassermenge, welche abgeführt werden mufs, ist in diesem Falle eine bestimmte Gröfse, während der Seedeich, selbst neben der Mündung eines Stromes oder eines ausgedehnten Busens, die Einströmung in gleicher Weise hemmt, wie die Ausströmung. Er hat daher, wenn man die Beschränkung des Pro-

n, die er verursacht, berücksichtigen will, den Erfolg, dafs etwas
niger Wasser aus- und einströmt, doch dürfte diese Wirkung in
len Fällen unmefsbar klein bleiben. Hier sollte nur darauf auf-
rksam gemacht werden, dafs der Erfolg auch bei merklicher Gröfse
cht unbedingt nachtheilig ist.

Wie wenig diese Ansicht auch einem Zweifel unterliegen kann,
hat sie dennoch keineswegs immer gegolten, und ein höchst auf-
llendes Beispiel einer ganz entgegengesetzten Auffassung war der
genannte Rheinländische Slaperdeich zwischen Amsterdam und
harlem. Die Stadt Amsterdam erlaubte nämlich nicht die Erhö-
ung dieses Deiches, weil man meinte, dafs die Fluthen in dem Y
nachtheiliger Weise sich erhöhen möchten, wenn nicht eine Ent-
stung in das Haarlemmer Meer statt fände. Zu diesem Zwecke
ieb der Deich bis zum Anfange dieses Jahrhunderts so niedrig,
afs das Wasser bei gewissem hohen Stande sich darüber ergofs.
eist geschah dieses nur in der Höhe von wenigen Zollen, doch
ll es zuweilen 3 Fufs hoch darüber geflossen sein. Man über-
ugte sich indessen doch endlich, dafs dieser Ablauf vergleichungs-
eise gegen die ganze zuströmende Fluthwelle so geringfügig war,
afs dadurch eine irgend wahrnehmbare Senkung unmöglich herbei-
eführt werden konnte, und so wurde denn, viel früher, als man
it der Trockenlegung des Haarlemmer Meeres den Anfang machte,
ie wasserfreie Abschliefsung bewirkt, die für die Entwässerung des
laarlemmer Meeres und des ganzen Rhijnlandes von wesentlichem
Nutzen war. Die Erfahrung hat seitdem auch keinen Nachtheil für
Amsterdam herausgestellt.

In Bezug auf die Unterhaltung tritt bei Seedeichen der sehr
günstige Umstand ein, dafs sie nicht lange dem Angriffe des Hoch-
wassers ausgesetzt bleiben, und schon nach wenigen Stunden ihre
ganze äufsere Dossirung oder wenigstens ein grofser Theil dersel-
ben wieder frei wird. Wenn diese Zwischenzeit und die Dauer des
niedrigen Wassers auch ziemlich kurz ist, so genügt sie doch zur
Untersuchung des Deiches, und giebt immer Gelegenheit, die ge-
fährlichsten Beschädigungen nothdürftig wieder herzustellen. Der
Vortheil ist wenigstens sehr hoch anzuschlagen, wenn man die Ver-
hältnisse an den obern Strömen hiermit vergleicht, woselbst man
ft Wochen und selbst Monate lang den Deich nicht aus dem Was-
er vortreten sieht, und die Beschädigungen an demselben ganz

unbemerkt bleiben, bis sie sich durch plötzliche Kappstürzungen
Durchbrüche zu erkennen geben. Nur in sehr seltenen Fällen,
nämlich der Wind während der Zeit der Ebbe an Heftigkeit
nimmt, und das Wasser vor sich aufstaut, ereignet es sich,
nach dem Hochwasser keine Senkung eintritt, vielmehr die See
zur folgenden Fluth ihren hohen Stand behält und sich alsdann
Neue noch höher erhebt. Ein solches Ereignifs wiederholt sich
dessen nicht oft, und die Dauer des Hochwassers dehnt sich
auch nur auf zwei Fluthen aus, so dafs man am nächsten Tage
sicher erwarten kann, das Wasser wieder stark ebben zu sehn.

Auch der Eisgang gestaltet sich vor Seedeichen ganz
als vor Flufsdeichen. Er ist für die ersteren gleichfalls sehr
theilig, namentlich wenn die Schollen noch grofs und stark
und von den Wellen gegen die Dossirung oder die Krone geschl
dert werden. Dazu kommt auch noch der sehr ungünstige Umst
dafs beim Umsetzen des Stromes dasselbe Eis wieder densel
Deich trifft und aufs Neue beschädigt. Es kann sogar gesch
dafs das Eis wiederholentlich vorbeitreibt. Namentlich ereignet
dieses bei ruhiger Witterung, indem alsdann die Schollen nicht
schlagen werden, und nur der Strömung folgen. Gemeinhin
indessen hier einiger Wellenschlag statt, und wenn derselbe
den Stofs des Eises vermehrt, so zerbricht er dasselbe doch
schnell, und die kleinern Stücke, die sich alsdann bilden, treib
gewöhnlich dicht gedrängt vor demjenigen Deiche, dem sie dur
den Strom und Wind zugewiesen werden. Indem sie aber, wie
dere schwimmende Körper, den Wellenschlag mäfsigen, so sind
Beschädigungen, die sie anrichten, meist weniger bedeutend, als
den obern Stromstrecken.

Wenn die erwähnten Umstände sowol in der Anlage, als
terhaltung der Seedeiche manche Vortheile und Erleichterungen
gleichungsweise gegen die Stromdeiche gewähren, so darf man
nicht unbeachtet lassen, dafs auch die letztern im Allgemeinen
niger durch Strömung und Eisgang leiden, als durch Wellensc
Diese Ursache ihrer Zerstörung und Beschädigung ist aber bei
deichen bei Weitem wirksamer, als bei diesen. Man darf dabe
Erhaltung eines Seedeiches keineswegs als eine leichte Aufgab
trachten, vielmehr erfordert dieselbe häufig, und besonders wen
Deich seiner Lage nach den heftigsten Stürmen ausgesetzt ist,

rengung und die Anwendung mancher Vorsichtsmaafsregeln, die en obern Strömen ganz unbekannt und entbehrlich sind.

Bei Bezeichnung der Eigenthümlichkeiten der Seedeiche dürfte passendste Ort sein, eines solchen Deiches zu erwähnen, der r ganz eigenthümlichen Verhältnissen ausgeführt ist, und sich in sofern von allen andern unterscheidet, als er in einem rain liegt, das selbst bei den höchsten Anschwellungen nie überhet wird. Dieses ist der sogenannte Moordeich. Derselbe liegt der südöstlichen Seite des Jade-Busens zwischen Schweiburg und feld und erstreckt sich etwa auf die Länge einer halben Meile rch ein hoch gelegenes Moor. Die Höhe des Bodens war Verlassung, dafs die Eindeichung hier noch fehlte, während der Jadesen schon seit Jahrhunderten rings umher eingedeicht war. Aber Anschlüsse der seitwärts gelegenen Deiche an das Moor waren während der Zerstörung ausgesetzt, und vor den Enden beider iche, wie weit man diese auch fortsetzte, bildeten sich immer von essem tiefe Rillen, durch welche die hohen Fluthen in das Binnenland eindrangen. Dazu kam noch ein andrer sehr wesentlicher Uebelstand, der gleichfalls die hinterliegenden Marschen bedrohte. Dieses Moor nämlich bildete auch an sich keinen wasserdichten Abschlufs, indem es im eigentlichen Sinne des Wortes nur auf dem Wasser schwamm. Bei Hochwasser erhob es sich und bot letzterem reichlich die Gelegenheit, in der Tiefe sich weit ins Binnenland fortzusetzen. So geschah es, dafs plötzlich bald hier und bald dort grofse Wassermassen emporquollen und schon im Moore selbst wunderbare Erscheinungen veranlafsten. In dem Aufsendeiche wiederholen diese sich auch noch gegenwärtig. Man sieht hier Getreidefelder, Baumpflanzungen, Gärten und selbst leichte Wohnhäuser, die, nach dem Stande des Wassers in den Gräben zu urtheilen, nur wenig über der gewöhnlichen Fluth liegen, also bei Anschwellungen inundirt werden müfsten. Dieses geschieht aber niemals, denn in demselben Maafse, wie das Wasser steigt, hebt sich auch der schwimmende Boden. Nichts desto weniger treten hin und wieder starke Pressungen ein, der Boden bricht auf, und indem bedeutende Wassermassen herausdringen, so reifsen sie zugleich gröfsere und kleinere Theile der Oberfläche mit sich und versetzen diese auf andre Stellen. Namentlich in der Nähe des Deiches ereignet sich diese Erscheinung nicht selten, und man sieht daselbst in ähnlicher Weise,

als wenn ein Bergsturz statt gefunden hätte, Klumpen To
etwa 6 Fufs Höhe und mehrere Quadratruthen grofs, auf de
den liegen. In früherer Zeit soll sogar der Fall vorgekomme
dafs ein ganzes Grundstück, soweit es durch den Umschliel
graben begrenzt war, sich löste und mit dem Hause und (
darauf an eine andre Stelle trieb. Gewöhnlich erfolgt indess
Bruch da, wo die Belastung am gröfsten ist, und dieses find
ben den Häusern statt, dieselben werden daher möglichst leic
geführt, und man vermeidet selbst, durch starke Brandmauer
Schornsteine ihr Gewicht zu vergröfsern.

Um diesen immer wiederholten Einbrüchen und Quellun
begegnen und das Binnenland vollständig und sicher abzuschl
wurde endlich im Anfange des vorigen Jahrhunderts, näml
Jahre 1717, durch den Admiral Sehestädt ein Deich durch da
geschüttet. Wegen der grofsen Tiefe des letztern war die
sehr schwierig, auch mufste die Erde aus weiter Entfernung
fahren werden. Der Boden hatte so viel Festigkeit, dafs e
nur die einzelnen Wagenladungen, sondern die Schüttungen,
ganzen Lagen dargestellt waren, noch trug, bei zunehmende
stung brach er aber durch, und Alles versank spurlos. Dieser
hat in der ganzen Höhe, soweit er im Boden steckt (man
diese Höhe auf 20 bis 30 Fufs) keine regelmäfsige Böschung
ten, doch ist er ohne Zweifel sehr steil, weil die Erde b
Gegendrucke des Moores sich nicht seitwärts ausbreiten
Manche Sackungen, die von Zeit zu Zeit eintreten, lassen be
dafs der Deich bei hohen Fluthen durchbrechen könnte, u
hat daher gegenwärtig angefangen, ihn auf der äufsern S
einer starken Berme zu versehn. Man verwendet hierzu d
zähe Erde von dem sogenannten Klaihorn, einem Reste d
Marsch, die noch vor dem Moore lag, aber gegenwärtig du
Wellenschlag immer mehr abgebrochen wird.

Die Sicherheit eines Seedeiches hängt vorzugsweise v
Höhe und Ausdehnung des Vorlandes oder des sogenannten A
deiches ab. Obwohl diese Fläche bei Hochwasser mehr o
niger überfluthet und bei ungewöhnlichen Sturmfluthen v
10 Fufs hoch und darüber mit Wasser bedeckt wird, so mä
dennoch den Wellenschlag so sehr, dafs die zerstörende W
desselben viel geringer ist, als wenn die gröfsere Wasserti

:he nahe läge. Die Ursache dieser Abschwächung ergiebt sich dem Verhalten der Wellen, wenn sie auf Wasserflächen von derer Tiefe auflaufen (§. 5). Sie nehmen bei hinreichender Ausnung des stufenförmigen Absatzes die Eigenschaften solcher Wel- an, die dieser geringeren Tiefe entsprechen, und ihre Geschwinkeit vermindert sich. Aufserdem verhindert der hohe Aufsendeich er auch die Annäherung des heftigsten Stromes, der gleichfalls n Deich bedrohen würde. Man darf hierauf weniger Gewicht gen, wenn es sich um schnell anwachsende Ufer handelt, weil lche einem starken Angriffe nicht ausgesetzt sind, auch erwartet erden kann, dafs der Aufsendeich sich bald erhöhen und weiter rbreiten, und dadurch die Gefahr mäfsigen wird. Wenn dagegen r Aufsendeich abbricht, also an Breite verliert, und diese schon mlich geringe geworden ist, so mufs die äufserste Vorsicht auf ine Erhaltung gerichtet werden. Man darf alsdann keine Beschägung seiner Oberfläche gestatten. Die zur Instandhaltung des iches erforderliche Erde mufs anderweitig entnommen, auch der itere Abbruch des Ufers durch unmittelbare Deckung desselben ler durch Buhnen-Anlagen verhindert werden. Wenn indessen die ierzu erforderlichen sehr grofsen Geldmittel, wie oft der Fall ist, icht beschafft werden können, so wird die Vertheidigung des Deies immer schwieriger und zweifelhafter, und endlich tritt der Zeitnkt ein, wo die weitere Erhaltung des Deiches theils wegen der rofsen Kosten und theils auch wegen der augenscheinlichen Gefahr icht mehr möglich ist. Alsdann mufs man sich zur Zurücklegung sselben entschliefsen. In diesem Falle gewinnt die Frage in Beeff der nothwendigen Breite des Aufsendeiches vorzugsweise ledeutung.

Die Beantwortung derselben hängt ohne Zweifel von manchen ufsern Umständen ab, und läfst sich daher nicht allgemeingültig ssen. Nichts desto weniger mag erwähnt werden, dafs Woltman*) ie Breite des Vorlandes von 20 bis 24 Hamburger Ruthen (330 is 400 Rheinländischen Fufsen) am Meer und an grofsen Flüssen i den meisten Fällen für ausreichend hält. Caland dagegen, auf ssen Urtheil die Niederländischen Ingenieure häufig Bezug nehen, ist der Meinung, dafs man selbst unter günstigen Verhältnissen

*) Beiträge zur hydraulischen Architectur II. Seite 6.

die Annäherung der Uferbrüche nicht auf weniger, als 50 Ruthen dürfe kommen lassen, und bei gefährlicher Lage des Deiches man die Uferdeckung schon vornehmen müsse, sobald die Breite des Vorlandes sich bis auf 80 Rheinländische Ruthen vermindert hat.

Die Zurücklegung eines Deiches kann indessen nicht erfolgen, wenn unmittelbar hinter demselben reiche Ortschaften oder ein wichtiger Hafen liegt. Alsdann bleibt nur übrig, mit Aufbietung aller Kräfte ihn zu erhalten, selbst wenn der Aufsendeich ihm vollständig fehlt und ein sehr tiefer Strom unmittelbar vor ihm vorbeistreicht. Ein höchst wichtiges Beispiel hiervon ist der Deich, der sich auf dem nördlichen Ufer von Nord-Holland, der Insel Texel gegenüber, von Huisduinen bis zur Mündung des Hafens Nieuwen-Diep hinzieht. Er ist eine halbe Deutsche Meile lang und unmittelbar neben ihm zieht sich das Marsdiep hin, das durchschnittlich 100 Fufs, stellenweise sogar 120 Fufs tief ist. Die gröfste Tiefe desselben befindet sich immer sehr nahe am Fufse des Deiches, besonders hat sie sich in einer flachen Bucht vor dem Helder ausgebildet, woselbst einige kurze Buhnenköpfe vor dem Deiche erbaut sind. Fig. 28 zeigt die ganze Situation.

Das Marsdiep bildet eine der Hauptverbindungen der Südersee mit der Nordsee, und da sie unter diesen die westlichste ist, so tritt in ihr die Fluth und Ebbe zuerst ein und verursacht die stärkste Strömung. Die etwa 6 Meilen entfernte sehr weite Oeffnung zwischen Vlieland und Terschelling kommt erst 1½ Stunde später in Wirksamkeit, also wenn die Südersee bereits durch das Marsdiep zum Theil gefüllt oder entleert ist. Hieraus erklärt sich die starke Strömung und grofse Vertiefung des Letzteren.

Fig. 29 zeigt ein Profil des Deiches und seiner Befestigung. Die Krone liegt durchschnittlich 14 Fufs über dem gewöhnlichen Hochwasser, der Fluthwechsel beträgt aber, wie schon früher erwähnt, etwa 3½ Fufs. Die Steinböschung hat über dem Hochwasser eine acht- bis zehnfache Anlage. Zwischen dem Hoch- und Niedrigwasser ist sie auch noch ziemlich flach und schliefst sich in der Höhe des Niedrigwassers an ein Banket von 1 Ruthe Breite an. Von hier fällt die Böschung sehr steil, nämlich mit ein und einhalbfacher, stellenweise sogar nur mit einfacher Anlage auf die Sohle des Stromes herab. Wie stark die Steindecke hier sein mag, ist unbekannt, da sie schon während Jahrhunderten nach und nach

acht ist. Gegenwärtig kommen bedeutende Beschädigungen
lten vor, doch zeigen sich in jedem Jahre stellenweise Bewe-
, wobei die Steine herabrollen und durch neue Nachschüt-
ersetzt werden müssen. Man verwendet jährlich 400 bis
t Granit-Blöcke (also etwa 100 Schachtruthen), die aus
gen und Schweden bezogen werden, und von denen jeder
ens 100 Pfund wiegen soll, die aber meist viel schwerer

an in der Böschung irgend wo eine Bewegung erfolgt, so
eselbe sich soweit fortzusetzen, dafs wenigstens die äufseren
es Bankets daran Theil nehmen, und so wird man schon
n Augenschein auf die erfolgte Senkung aufmerksam ge-
Nichts desto weniger bleibt doch zu besorgen, dafs mög-
eise bei der grofsen Tiefe das Nachstürzen durch festes
ergreifen der obern Steine verhindert wird, auch kann leicht
le, die zufällig etwas flacher geböscht war, eine steilere
annehmen und sonach der Bewegung eine Grenze setzen
ch darunter der Fufs des Deiches entblöfst wurde. Um
eränderungen sicher zu bemerken, werden in jedem Jahre
iger Witterung sehr sorgfältige Tiefen-Messungen und zwar
mten Stellen wiederholt. Man mifst in Abständen von 6
then die Profile der Böschung bis jenseits ihres Fufses.
kann man durch Vergleichung mit den früheren Messun-
ie inzwischen eingetretenen Veränderungen schliefsen. Noch
merkt werden, dafs die Dossirung über Wasser mit sehr
ranit- und Basalt-Blöcken auf einer starken Unterlage von
cken und Kies gegenwärtig zum Theil abgepflastert ist, und
n jedem Jahre fortgefahren wird.

n dieser Deich auch vorzugsweise ungünstig situirt ist und
ne Erhaltung die äufserste Anstrengung erfordert, so wie-
ich doch mehrfach an den Niederländischen Küsten, wenn
geringerem Maafse, dasselbe Verhältnifs. Storm Buysing
afs der Vorwurf der Vernachlässigung des Aufsendeiches
Mehrzahl der Niederländischen Deiche trifft.

§. 14.
See-Marschen.

Marschen nennt man die fruchtbaren Wiesen und zum Theil auch Ackerländereien, die so tief liegen, dafs sie ohne den Schutz der Deiche vom Hochwasser der daneben befindlichen Ströme oder See inundirt werden würden. Sie sind aus Alluvionen entstanden, zeigen eine sehr ebene Oberfläche und ihr Boden besteht aus feinen Thontheilchen und vegetabilischen Stoffen, denen häufig auch mehr oder weniger Sand und andere Bestandtheile, die das Wasser herbeiführte, beigemengt sind. Die Geest ist dagegen das höhere Terrain, das vom Hochwasser nicht erreicht wird, und in Bezug auf seine Fruchtbarkeit der Marsch weit nachsteht.

Bei den an der See belegenen Marschen tritt das eigenthümliche Verhältnifs ein, dafs sie unter günstigen Umständen noch in grofser Ausdehnung aus weiten Wasserflächen emporwachsen. In welchen Fällen dieses geschieht, ist in §. 12 ausführlich erörtert. Wo das Fluthwasser mit Schlick stark versetzt ist, läfst es denselben fallen, sobald es zur Ruhe kommt. Hierdurch hebt sich in Meeresbuchten oder an andern geschützten Stellen die Sohle, es entstehen Untiefen, und sobald diese so hoch aufgewachsen sind, dafs sie bei der Ebbe trocken werden, so nennt man sie Watte. Die Oberfläche der letzteren, die nie austrocknen kann, weil jedes Hochwasser sie überfluthet, besteht aus sehr losem Schlamm, in den man tief einsinkt, wenn man sie zu betreten versucht, man kann indessen auf einem Watte, das bis zur halben Fluthhöhe angewachsen ist, schon ohne Mühe gehn, auch ohne Ueberdeckung des Bodens die verschiedensten Arbeiten darauf ausführen lassen.

Das Watt ist, wenn es keinen Sand enthält, mittelst eines leichten Schlittens auch schon zugänglich, wenn es nur so eben über das niedrige Wasser vortritt. Um die Krabben oder kleinen Seekrebse zu fangen, die in grofser Menge darauf zurückbleiben, wird es am Dollard auf einem sehr dünnen, unten geglätteten und mit niedrigen vorstehenden Rändern versehenen Brettchen befahren. Dasselbe hat in der Mitte eine leichte Rüstung und eine gabelförmige Bank. Auf letzterer ruht das linke Knie des Fischers, während derselbe sich gegen die Rüstung lehnt. Mit dem rechten Fufse

er aber gegen den Boden und schiebt dadurch den Schlitten schnell fort, in ähnlicher Weise wie einen Piek-Schlitten. auf den Watten vor den Ufern von Ritzebüttel an der Mün der Elbe hat man mit günstigem Erfolge ähnliche nachenför Vorrichtungen benutzt, worin Baumaterialien transportirt wur Dieselben sind aus halbzölligen Brettern zusammengesetzt, fs lang, 3 Fufs 4 Zoll breit und nur 7 Zoll hoch. Der Boden den Rändern abgerundet. Zwei Männer schieben sich darin st Stangen fort, die an ihren untern Enden mit kurzen Querhen versehn sind, um ein zu tiefes Eindringen zu verhindern. Vorrichtungen sind aber nur zu benutzen, wenn die Oberfläche Vattes aus reinen Thontheilchen besteht und von jeder sandi Beimengung frei ist. Findet sich die letztere darin vor, so ist rund schon bedeutend fester, und man kann mit weniger Angung darauf gehn.

Noch ehe das Watt die Höhe der halben Fluth erreicht hat, sich darauf einige Vegetation von sehr salzhaltigen Gewächund indem diese die Bewegung des Wassers merklich schwä so wird demselben die Gelegenheit geboten, die darin schwen Schlammtheilchen vollständiger fallen zu lassen. Das Watt st alsdann viel schneller, als bisher auf. Sobald es soweit r gestiegen ist, dafs es nur noch kurze Zeit hindurch vom Hoch r bedeckt, und bei todten Fluthen von demselben gar nicht erreicht wird, so überzieht es sich mit einer festen Grasnarbe. nennt es alsdann Groden oder Maifeld. Die weitere Erg hört noch keineswegs auf, so wie überhaupt dafür keine bente Grenze bezeichnet werden kann, aber sie erfolgt natürlich o langsamer, je seltener und je niedriger die Ueberfluthung trübes Wasser erfolgt. Im Oldenburgischen betrachtet man Boden als reif, oder als hinreichend hoch angewachsen, um Vortheil eingedeicht zu werden, wenn er sich ungefähr 1 Fufs das gewöhnliche Hochwasser erhebt.

Das Gesetz, nach welchem der Boden sich erhöht, läfst sich allgemein bezeichnen. Setzt man nämlich die Höhe des Niehlages in einem Hochwasser gleich $\frac{1}{m}h$, wo h die Höhe ist, in er die Fluth über die untersuchte Stelle tritt, so wird der Wasnd beim Eintritt der nächsten Fluth nur noch

$$h\left(1-\frac{1}{m}\right)$$

also die Höhe des zweiten Niederschlages nur

$$\frac{1}{m}h\left(1-\frac{1}{m}\right)$$

sein und so fort. Hieraus ergiebt sich, dafs die Tiefe, die u
lich h war, nach der $n$ten Fluth nur noch

$$h\left(1-\frac{1}{m}\right)^n$$

sein wird. In einem Jahre treten durchschnittlich 706 Flu
also in einem Monat 59. Durch Einführung dieser Za
ihrer Vielfachen für n kann man, sobald der Thongehalt i
wasser und die Höhe des anwachsenden Wattes bekannt
seine Höhe nach einer gewissen Zwischenzeit berechnen.

Beispielsweise setze ich $m = 1000$, d. h. aus Tausen
Fluthwasser scheidet sich bei jeder Fluth 1 Theil feste
und zwar bezieht sich das angenommene Verhältnifs nicl
Gewicht, sondern auf das Volum. Die Höhe des erste
schlages würde also 1 Linie betragen, wenn das Watt bei
7 Fufs hoch mit Wasser bedeckt würde. Ein solcher Ni
ist allerdings sehr grofs, aber dennoch dürfte er in der
keit zuweilen noch gröfser sein. Wenn ferner h gleich 10
setzt, und zugleich angenommen wird, dafs das geklärte V
der Ebbe vollständig abfliefst, also bei jeder Fluth imn
trübes Wasser und zwar immer in derselben Höhe darübe
würde die Wassertiefe in folgender Weise sich nach und
mindern.

Nach	1	Monat	9,43 Fufs
-	2	Monaten	8,90 -
-	3	-	8,40 -
-	4	-	7,92 -
-	5	-	7,47 -
-	6	-	7,05 -
-	7	-	6,65 -
-	8	-	6,27 -
-	9	- . , . .	5,92 -
-	10	-	5,58 -
-	11	-	5,27 -

nach 12 Monaten oder 1 Jahr	4,97	Fuſs
- 2 Jahren	2,47	-
- 3 -	1,23	-
- 4 -	0,61	-
- 5 -	0,30	-
- 6 -	0,15	-
- 7 -	0,075	-
- 8 -	0,037	-
- 9 -	0,019	-
- 10 -	0,009	-

dem angenommenen Thongehalt des Fluthwassers ver-
sich, wie vorstehende Tabelle zeigt, die Tiefe in jedem
m etwas mehr, als die Hälfte. Die Verminderung würde
ie Hälfte betragen, wenn der Thongehalt ein wenig gerin-
nommen, oder $n = 1011$ gesetzt wäre.
dieser Untersuchung, deren Resultate im Allgemeinen sich
Erfahrung anschlieſsen, ist die Voraussetzung gemacht wor-
s die Fluth jedesmal eine gleiche Höhe erreicht, und zwar
n bei der Bestimmung von h die mittlere Höhe der Fluth
nde legen. Bis zu derselben kann aber unter dieser Vor-
ng das Watt niemals anwachsen, oder die übrig bleibende
, die in jedem Jahre sich in einem bestimmten Verhält-
rmindert, kann niemals vollständig verschwinden. In der
keit gestaltet die Erscheinung sich ganz anders, wie be-
ähnt ist, indem die Fluthen häufig diese mittlere Höhe nicht
, in andern Fällen aber sie sehr bedeutend übersteigen.
ur Zeit der Springfluthen findet zum Theil das letztere statt,
ch höher schwellen die Fluthen bei starken Stürmen an.
lsdann das Wasser auch sehr bewegt ist, und sonach der
hlag der Thontheilchen keineswegs vollständig erfolgt, so
starke Wellenbewegung andrerseits Veranlassung, daſs auch
ngehalt des Fluthwassers ungewöhnlich groſs ist. Die Wel-
gung wird auſserdem, wenigstens in den tiefern Schichten,
zunächst über dem Boden befinden, durch die Vegetation
bereits hoch liegenden Watte sehr gemäſsigt, und sonach
ich nach den höchsten Fluthen auch sehr starke Schlickab-
en, selbst wenn das Watt schon bis zur Höhe der gewöhn-

lichen Fluthen angewachsen war. Letztere bildet also keineswegs die äufserste Grenze der Erhöhung, vielmehr wächst das Watt und namentlich neben den Ufern, wo die Strömung am geringsten ist, noch einige Fufs darüber empor.

Um den neuen Groden möglichst bald in vollem Maafse nutzbar zu machen, werden gemeinhin die Anträge zu seiner Eindeichung schon gestellt, sobald er nur die Höhe der mittleren Fluthen erreicht und mit Grasnarbe sich überzogen hat. Indem der mittlere Fluthwechsel an der Deutschen Nordsee-Küste über 10 Fufs beträgt, so rechtfertigt sich ein solches Verlangen, wenn man nur die Möglichkeit einer Entwässerung unter den dermaligen Verhältnissen in Betracht zieht. Diese gestalten sich aber oft im Laufe der Zeiten ganz anders. Wenn nämlich noch andere Flächen vor diesen später eingedeicht, also die Abzugsgräben verlängert werden müssen, deren absolutes Gefälle sich nicht vergröfsern läfst, so nimmt das relative Gefälle immer mehr ab. Besonders pflegt aber die Entwässerung mangelhaft zu werden, wenn der vor dem Deiche liegende Theil des Entwässerungs-Grabens oder das Siel-Tief eine bedeutende Länge annimmt, weil dieses im höchsten Grade der Verschlickung ausgesetzt ist. Sodann darf auch die spätere Senkung des eingedeichten Grodens nicht unbeachtet bleiben, die eine ausführliche Erörterung fordert. Hierzu kommt endlich noch, dafs der Deich selbst um so kostbarer in seiner Anlage und Unterhaltung wird und um so gröfserer Gefahr ausgesetzt bleibt, je niedriger das vor und hinter ihm belegene Terrain ist.

Diese Umstände fordern dringend, dafs man die Eindeichung eines Grodens nicht zu früh vornehme, vielmehr dieselbe bis zu dem Zeitpunkte aussetze, wo der Groden das Maximum seiner Höhe nahe erreicht hat, er also nur sehr wenig noch anwachsen kann. In früherer Zeit sind in dieser Beziehung vielfach und wahrscheinlich sogar gewöhnlich, sehr grofse Mifsgriffe vorgekommen, wodurch die Erhaltung der Deiche eben so wie die Entwässerung übermäfsig erschwert ist. In den Niederlanden wiederholt sich sogar vielfach die Erscheinung, dafs Polder, die ursprünglich ohne Zweifel bei jedem Niedrigwasser trocken wurden, weil in so früher Zeit die Eindeichung sonst nicht ausgeführt wäre, gegenwärtig der natürlichen Entwässerung ganz entbehren, und nur durch Schöpfmühlen noch entwässert werden können.

Sobald der Groden eingedeicht, also dem ferneren Zutritt des
wassers entzogen ist, so hört seine weitere Erhöhung auf, au-
m veranlafst aber auch die dauernde und regelmäfsige Ent-
ung, dafs er zusammentrocknet und die Höhe verliert, die er
glich hatte. Bei dem thonigen Marschboden, der an der
ben Nordsee-Küste gewöhnlich vorkommt, ist diese Senkung
r erheblich. Besonders auffallend ist sie aber, wenn das
zur Zeit der Eindeichung noch nicht hoch angewachsen,
h sehr nafs und schlammig war. Selbst das Setzen der
das vor den neuen Groden viel stärker zu sein pflegt, als
wöhnlich annimmt, rührt zum Theil von der Compression
ergrundes her, die bei der bedeutenden Belastung sehr

anders und viel bedenklicher gestalten sich die Verhält-
enn der Untergrund aus Moor oder Torf besteht. Das wich-
spiel in dieser Beziehung ist die Provinz Nord-Holland, in
ausgedehnte Torflager vielfach unter der fruchtbaren Erde
n werden, und wo die Entwässerung, wie historisch nach-
ist, von Jahrhundert zu Jahrhundert immer gröfsere Schwie-
bietet. Schon zur Zeit der Römischen Herrschaft bestan-
wahrscheinlich einige Eindeichungen, doch hat deren Ver-
und die regelmäfsige Umschliefsung des ganzen Landes in
, die es zum Theil noch hat, nach Velsen, erst im 11. oder
underte statt gefunden. Gegenwärtig liegt das Terrain,
ahme der in neuerer Zeit eingedeichten Polder, nirgend
mittleren Wasserspiegel der See, und vielfach erreicht es
sen nicht. Die natürliche Entwässerung hat daher aufge-
das Binnenwasser mufs künstlich gehoben werden. Wenn
Deiche nicht existirten, so würden zur Zeit des Hochwas-
die Dünen an der westlichen Küste darüber hervorragen,
das ganze übrige Land nichts andres, als ein Watt wäre,
Theil nur einen geringen Wasserstand über sich hätte,
ils aber so tief läge, dafs es selbst bei niedrigem Wasser
rere Fufs hoch von demselben bedeckt bliebe. Ein sol-
ain und zwar unmittelbar neben der See trocken zu legen
r zu machen, würde man selbst heutiges Tages Bedenken
an mufs es aber für ganz unmöglich halten, dafs in da-
eit ein Watt dieser Art zum Aufenthalte gewählt werden

konnte, da überdiefs die Mittel zur künstlichen Entwässerung ganz unbekannt waren.

Hiernach unterliegt es keinem Zweifel, dafs der Boden von Nord-Holland in früherer Zeit gegen den Meeresspiegel bedeutend höher lag, als gegenwärtig. Die Annahme, dafs das Meer sich im Allgemeinen gehoben habe, ist weder an sich wahrscheinlich, noch wird dieselbe durch irgend welche andre Wahrnehmungen bestätigt, und eben so wenig ist die Voraussetzung zulässig, dafs der Boden in Folge von Bewegungen im Innern der Erde, etwa wie die Schwedische Küste, seine Höhenlage verändert habe. Auch die Vermuthung, die Brünings ausgesprochen hat, dafs nämlich der Wasserstand der Süder-See sich gehoben habe, ist weder durch Messungen bestätigt, noch auch an sich wahrscheinlich. Brünings meint nämlich, dafs die Süder-See in früherer Zeit durch einen, oder mehrere sehr tiefe Meeres-Arme mit der Nordsee in Verbindung stand, die, indem sie nach und nach sich vervielfältigten, gröfsere Durchflufsweiten annahmen, aber an Tiefe verloren, woher gegenwärtig zwar die Fluthen noch vollständig eindringen, aber die Ebben wegen ungenügender Tiefe in den Ausflufs-Mündungen keine so starke Senkung des Wasserstandes, wie früher veranlassen können. Erscheinungen dieser Art zeigen sich allerdings vielfach in kleineren Buchten neben dem Meere, aber wenn die bei der Fluth eingedrungene Wassermasse sehr grofs ist, so findet auch eine starke Ausströmung statt, und hierdurch bildet sich ein tiefes Bette, worin die Ebbe vollständig abfliefst. Jedenfalls müfste, wenn dieses hier nicht wäre, der mittlere Wasserstand in der Süder-See höher sein, als in der Nordsee, was die Nivellements nicht ergeben haben.

Die verschiedenen älteren Polder in Nord-Holland liegen gegenwärtig 2 bis 5 Fufs unter dem gewöhnlichen Hochwasser der Süder-See. In neuerer Zeit hat man einzelne noch bedeutend tiefere Flächen dazwischen eingedeicht und trocken gelegt, die man Meere nennt. Von diesen ist hier nicht die Rede, aber wichtig ist die Thatsache, dafs die Marken des Sommerwasserstandes, oder die Tiefe, bis zu welcher aus jenen älteren Poldern das Wasser abgemahlen wird, von Jahrhundert zu Jahrhundert immer gesenkt werden mufsten.

Die Academie der Wissenschaften zu Haarlem stellte 1759 zur Preisbewerbung die Frage, ob das Sinken des Bodens in der Pro-

ins Holland vergleichungsweise zum Spiegel der Nordsee sich sicher nachweisen lasse. Der Preis wurde Lulofs zuerkannt. Derselbe bewies durch Zusammenstellung vielfacher Nachrichten und namentlich durch Vergleichung der in verschiedenen Zeiten erlassenen Bestimmungen über die Mühlenpegel, dafs eine solche Senkung wirklich eingetreten sei und noch fortdaure. Dabei wurde freilich vorausgesetzt, dafs diese Mühlenpegel (maalpeil) unverändert in ihrer ursprünglichen Höhe geblieben sind. Diese Annahme ist indessen wohl zulässig, da absichtliche Aenderungen bei der grofsen Wichtigkeit des Gegenstandes nicht unbemerkt bleiben konnten und noch weniger zu vermuthen ist, dafs eine veränderte Höhenlage des Deiches die Ursache der Erhöhung des Binnenwassers gewesen sei. Der Deich müfste nämlich in diesem Falle zugleich mit der Mühle sich gehoben haben, was jedenfalls unmöglich ist. Dagegen kann der Deich, dessen Untergrund gleich Anfangs comprimirt worden war und zugleich wegen des freien Zutrittes des Wassers von der einen Seite einer zunehmenden Austrocknung nicht ausgesetzt blieb, an dieser allgemeinen Senkung des Binnenlandes nicht Theil nehmen. Das Resultat, zu dem Lulofs gelangte, war, dafs nach den Erfahrungen seit dem Jahre 1250 das Binnenland in jedem Jahrhundert 17 Zoll sinkt.*)

In den neuern hydrotechnischen Schriften, die in den Niederlanden erschienen sind, habe ich vergeblich Mittheilungen über diesen wichtigen Gegenstand gesucht. Hiernach scheint in dem letzten Jahrhunderte eine weitere Senkung des Bodens nicht eingetreten zu sein. Dagegen mufs erwähnt werden, dafs ähnliche Erscheinungen auch in Ost-Friesland bemerkt sind.**) Im Jahre 1605 wurde nämlich das Altbunder Land am Dollard eingedeicht, 1648 mufste für dasselbe schon eine künstliche Entwässerung eingerichtet werden, und 1819 lag es bereits 7 Fufs unter dem Aufsendeiche. Der 1682 eingedeichte Charlotten-Polder vor dem Altbunder Lande lag 1819 dagegen 3½ Fufs und der 1702 eingedeichte Christian-Eberhards-Polder 2 Fufs unter dem Aufsendeiche. Der 1795 eingedeichte Heinitz-Polder befand sich in derselben Zeit auch schon 9 Zoll unter

*) Woltman, Beiträge zur hydraulischen Architectur. IV. Band, Seite 121 ff.

**) Reinhold, Hydrographie von Ost-Friesland in Crelle's Journal für die Baukunst. Band XIII.

dem Aufsendeiche. Hierbei ist die Vergleichung mit dem Aufsendeiche allerdings sehr unsicher, indem die Höhe desselben sich stets verändert, nichts desto weniger ergiebt sich dennoch unzweifelhaft aus dieser Zusammenstellung, dafs auch hier eine sehr auffallende Senkung des eingedeichten Landes statt gefunden hat, die sogar gröfser als in Nord-Holland zu sein scheint.

Die bereits erwähnten Uebelstände und Gefahren, die aus einer zu niedrigen Lage der Polder entspringen, können zuweilen so grofs werden, dafs man sich endlich entschliefsen mufs, eine Abhülfe zu schaffen, wenn diese an sich auch wieder höchst bedenklich ist. Das Mittel besteht darin, dafs man den Deichen die grofse Höhe nimmt, und sie in Sommerdeiche verwandelt. Für gewöhnliche Springfluthen bieten sie alsdann noch Schutz, sobald aber Sturmfluthen eintreten, fliefst das Wasser in weiten und gehörig gesicherten Ueberlässen ein. Die eingedeichten Flächen füllen sich bald an, die Gefahr vor Deichbrüchen wird also auf diese Weise sehr sicher vermieden und es wird zugleich der grofse Vortheil erreicht, dafs aus dem abgefangenen Wasser, welches bei dem starken Wellenschlage eine grofse Menge Thontheilchen in sich aufgenommen hatte, und das sich zwischen den Deichen sehr vollständig klärt, ein sehr bedeutender Niederschlag gewonnen wird. Auf diese Weise wächst das Land, obwohl es eingedeicht ist, nach und nach wieder weiter auf und erreicht endlich solche Höhe, dafs die Deiche ohne Gefahr über die höchsten Sturmfluthen heraufgeführt werden können. Dafs ein solches Verfahren mit grofsen Unbequemlichkeiten und Nachtheilen für die öconomischen Verhältnisse verbunden ist, bedarf kaum der Erwähnung. Von der Benutzung des Bodens zum Getreidebau mufs man alsdann ganz absehn, er darf nur Weide bleiben. Man mufs aufserdem für erhöhte Plätze oder W a r f e n sorgen, auf die das Vieh getrieben werden kann, sobald das Eindringen der See besorgt wird, und auf diesen hohen Stellen müssen hinreichende Vorräthe von Regenwasser gesammelt sein, da alle Gräben der Marsch sich mit Seewasser anfüllen. Endlich müssen auch die Dörfer und einzelnen Höfe auf solchen Aufschüttungen erbaut werden, damit sie vom Wasser nicht zu sehr leiden und bewohnbar bleiben. Die Communication beschränkt sich endlich in solcher Zeit allein auf den Verkehr mit Böten.

Es leuchtet ein, dafs man zu diesem Mittel nur in der äufsersten

sich greifen wird, und dennoch hat man sich auf der Insel Marken an der östlichen Seite der Süder-See bei Kampen dazu entschliessen müssen.

Es war bisher nur von dem Verhalten des Grodens nach seiner Eindeichung die Rede; über das Entstehen desselben, und über die Mittel, wodurch man dieses befördern kann, bleibt noch Einiges mitzutheilen. Zuweilen werden schon künstliche Anlagen gemacht, um die Bildung der Watten einzuleiten, dieses geschieht indessen doch nur selten, weil die Erfolge zu unsicher, und die erforderlichen Ausführungen zu kostbar sind. Es kommt vor Allem darauf an, die Bewegung des Wassers, sowol die Strömung, als den Wellenschlag zu unterbrechen und zu mäfsigen, und dieses geschieht, indem man durch Zäunungen oder andre solidere Werke, also etwa durch Buhnen in der Wasserfläche kleinere abgeschlossene Bassins bildet. Eine ziemlich bedeutende Anlage dieser Art wurde vor wenigen Jahren im Oldenburgischen ausgeführt, indem man, um den Jade-Busen schneller zur Verlandung zu bringen, von dessen östlichem Ufer ein Werk von nahe einer Meile Länge über die zum Theil noch sehr niedrigen Watte fort nach den Inseln, die Oberahnischen Felder genannt, hinüberführte. Solche Anlagen sind indessen bei Stürmen der Zerstörung in hohem Maafse ausgesetzt und bedürfen also einer sehr soliden Construction. Man begnügt sich daher gemeinhin mit viel einfacheren Arbeiten, die zum Theil gleichfalls auf sehr niedrigen Watten schon mit Erfolg vorgenommen werden.

In Friesland und am Laauwer See werden Flechtzäune normal gegen das Ufer auf dem Watte gezogen, die also buhnenartig die Bewegung des Wassers etwas mäfsigen. Wenn hierbei auch vielfache Beschädigungen vorkommen, so ist der Nachtheil nicht bedeutend und die Wiederherstellung leicht. Sobald die Erhöhung in so weit erfolgt ist, dafs das Watt einige Consistenz annimmt, so beginnt die Graben-Arbeit. Man zieht wieder normal gegen das Ufer in Abständen von 2 Ruthen flache Gräben von 5 Fufs Breite und 1 bis 1½ Fufs Tiefe, die bis 1000 Fufs lang sind. Die ausgehobene Erde wird in die Zwischenräume möglichst gleichmäfsig verbreitet. Auf diese Art entsteht eine wellenförmige Oberfläche. Man bezweckt dabei vorzugsweise, beim Eintritt der Ebbe in den Gräben selbst, die man Grippen nennt, die thonigen Theilchen aus dem

Wasser aufzufangen. Aus diesem Grunde giebt man den Gräben am untern Ende keinen Abflufs, vielmehr werden sie absichtlich gesperrt, damit das Wasser darin lange zurückgehalten wird, und sich vollständig klären kann. Auf diese Art füllen sich die Grippen in kurzer Zeit mit Schlamm an, und derselbe wird alsdann aufs Neue ausgestochen und auf die zwischen liegenden höheren Flächen geworfen. Man kann diese Arbeit drei bis viermal in einem Jahre wiederholen und dadurch allerdings eine merkliche Erhöhung des Wattes veranlassen.

In der Provinz Seeland werden solche Anlagen in der Art ausgeführt, dafs man nicht Gräben bildet, in welchen das Wasser zurückgehalten wird, vielmehr stellt man auf dem Watte weite Bassins oder Schlickfänge dar, die denselben Zweck erfüllen sollen. In Abständen von 60 bis 100 Fufs werden normal gegen das Ufer flache Erddämme aufgeworfen, die 1 bis 1¼ Fufs hoch und seitwärts mit dreifacher oder vierfacher Anlage abgeböscht sind. Damit sie aber vom Wellenschlage weniger leiden, so bedeckt man sie mit einer Strohlage, die durch eine leichte Bestickung befestigt wird, Die in solcher Weise gebildeten Felder schliefst man auch auf der äufsern Seite ab, indem man hier eine Lage Faschinen vorlegt, die von drei Flechtzäunen gehalten wird. Diese Faschinen kehren ihre Wipfelenden dem Ufer zu, und ihr Zweck ist vorzugsweise, das Abfliefsen des dünnen Schlammes zu verhindern, der sich in ihnen fangen soll. Die Wirkung dieser Schlickfänge wird sehr gerühmt, aber ihre Ausführung und Unterhaltung ist auch sehr kostbar.

Aehnliche Anlagen empfahl schon Woltman, doch rieth derselbe, die Dämme bis über die gewöhnliche Fluth zu erhöhen, und durch Strauch zu befestigen. Sie sollten nach seiner Angabe 10 Ruthen von einander entfernt sein, aber auch seeseitig die einzelnen Felder umschliefsen, indem jedes derselben nur eine schmale Oeffnung behält, durch welche das Wasser aus- und eintreten kann.

Die Begrippungen kommen im Oldenburgischen vielfach vor, und zwar werden sie nicht nur im Busen der Jade fortwährend ausgeführt, sondern man hat sie vor längerer Zeit auch an der Mündung der Weser versucht. Im Allgemeinen befolgt man dabei dasselbe Verfahren, wie in der Provinz Friesland, indem man in dem Watte vertiefte Rinnen oder Gräben darstellt, und dieselben immer aufs Neue aushebt, so oft sie sich angefüllt haben. Diese Grippen sind

Fufs breit und 2 Fufs tief, und ihr gegenseitiger Abstand
bis 40 Fufs. Man führt dieselben zuweilen sehr weit in
hinaus, namentlich soll dieses in früherer Zeit geschehn
e Arbeiter konnten alsdann nicht mehr zu Fufs nach der
geschickt werden, weil sonst das Hin- und Hergehn, das
weichen Boden überaus anstrengend ist, zu viel Zeit er-
und die Dauer der jedesmaligen Arbeit zu sehr verkürzt
ürde. Sie fuhren daher in der letzten Ebbe in Böten nach
e, wo die Grippungen vorgenommen werden sollten, und
sobald das Wasser weiter zurücktrat, sogleich die Arbeit
, und dieselbe so lange fortsetzen, bis die Fluth die Bau-
der erreichte. Zum Ausheben der Erde bedienten sie sich
t Schaufel, die jedoch mit dem Stiele einen spitzen Winkel
und einem gewöhnlichen Handbagger ähnlich war. Man
ogar Dielen mitzunehmen, welche auf den Boden geworfen
und worauf die Arbeiter standen, weil sie sonst in den
Schlamm tief eingesunken wären, und dadurch die Arbeit
lentlich erschwert sein würde. Gegenwärtig ist man von
eiten Ausdehnung der Gräben zurückgekommen, und be-
dieselben nur noch auf die Nähe des Ufers und auf die
und festeren Watte. Man geht damit aber jedesmal über
ze der natürlichen Vegetation hinaus. Letztere darf nicht
werden, denn ihre Wirkungen sind, wie im Oldenburgischen
n anerkannt wird, für die Erhöhung des Bodens weit gün-
ls die künstlichen Mittel, die man zu demselben Zwecke an-
könnte.

serdem verfolgt man hier in neuerer Zeit eine ganz andre
als oben bezeichnet wurde. Man will nämlich durch die
rmige Umgestaltung des Bodens dem Wasser zwar auch die
heit bieten, dafs es in seinen untern Schichten und nament-
len Gräben selbst sich möglichst beruhige und den Schlamm
aber aufserdem betrachtet man die vollständigere Ableitung
ssers als einen Hauptzweck dieser Gräben. Dieselben wer-
er keineswegs an ihren untern Enden geschlossen, vielmehr
lich nach etwas tieferen Rillen oder nach Senkungen in
tte geführt, so dafs bei der Ebbe das Wasser recht schnell
und der Schlamm während der Zeit, dafs er frei liegt, Ge-
t hat, sich fester abzulagern, wodurch er der Gefahr entzo-

gen wird, bei den folgenden Fluthen, besonders wenn starke Wellenbewegung mit diesen eintreten sollte, wieder fortgespült zu werden.

Diese letzte Rücksicht ist gewifs von grofser Bedeutung. Man darf nämlich nicht unbeachtet lassen, dafs bei Stürmen auch von dem in der Ausbildung begriffenen Watt wieder grofse Massen des bereits niedergeschlagenen Schlammes sich lösen. Dieses wird aber keineswegs dadurch verhindert, dafs das Wasser vielleicht schon stark mit erdigen Theilchen versetzt war, denn bei dieser rein mechanischen Vermengung giebt es keinen Sättigungspunkt. Dagegen ist die Wellenbewegung dem Watte weniger nachtheilig, wenn dessen Oberfläche einigermaafsen ausgetrocknet ist, und dieses wird befördert, wenn man durch leichte Gräben und durch Aufräumung der natürlichen Rillen für den vollständigen Abflufs des Wassers sorgt. Diese Vorsicht allein ist daher schon ein wirksames Mittel zur Beförderung des Anwachsens der Watte.

Am Dollard sind die Anlagen zum Auffangen des Schlickes viel complicirter, indem man nicht nur das Wasser beruhigen, sondern auch eine möglichst sanfte und dennoch vollständige Ausströmung zur Zeit der Ebbe veranlassen will. In dem bereits erwähnten Werke, betitelt „de Dollard" sind im fünften Abschnitte diese Arbeiten sehr ausführlich, mit Angabe der verschiedenen Abweichungen, die stellenweise vorkommen, behandelt. Fig. 30 stellt im Allgemeinen die Anordnung dar. Man bildet kleine oblonge Flächen, deren lange Seiten mit dem Deiche parallel und achtmal so lang, als die kurzen sind. Jede derselben wird an den kurzen Seiten einmal durch den etwas erhöhten Weg *AA* und gegenüber durch den Ableitungs-Graben *BB* begrenzt. An den langen Seiten wird jede durch einen flachen Graben und gegenüber durch einen niedrigen Damm eingeschlossen, der aus dem Auswurfe der Gräben gebildet wird und sich an einen Weg anlehnt.

Die Fluth tritt in ihrer zweiten Hälfte mit grofser Heftigkeit ein, und wenn daher der Abzugsgraben auch zunächst sich mit Wasser füllt, so erfolgt gleich darauf der Ueberstutz über alle niedrigen Querdämme. Sollten dabei Erdmassen abgerissen werden, so bleiben diese auf den nächsten Flächen liegen, und sind daher nicht verloren. Zur Zeit des Hochwassers sinken die schwersten darin enthaltenen Theilchen zu Boden, und namentlich in der Nähe

Oberfläche klärt sich das Wasser am meisten. Dieses tritt beim ...n der Ebbe wieder über die niedrigen Dämme. Sobald letz... trocken werden, befindet sich hinter ihnen das am meisten ge... Wasser und dieses fliefst längs den Dämmen *b b* bis zu den ...ten *a*, wo es erst in den Abzugsgraben *BB* gelangt. Es mufs ... einen weiten Umweg machen, woher seine Geschwindigkeit sehr ...ig bleibt, und sonach der bereits erfolgte Niederschlag nicht in ...wegung gesetzt wird. Die Wirkungen dieser Anlagen sollen sehr ...f sein, doch ist gewifs die erste Ausführung so wie auch die ...ernde Instandhaltung sehr kostbar. Um die Dimensionen eini...maſsen beurtheilen zu können, wird die Mittheilung genügen, ... die einzelnen Flächen 36 bis 75 Quadrat-Ruthen enthalten.

Wenn das Watt in Folge der localen Verhältnisse oder durch ... erwähnte Nachhülfe unterstützt, sich endlich soweit erhöht hat, ... es bei halber Ebbe trocken wird, so stellt sich darauf die erste ...egetation von selbst ein. Jeder Versuch, den ferneren Anwuchs ...ch zu beschleunigen, ist alsdann nicht nur erfolglos, sondern so... störend. Zwischen den strauchähnlichen Pflanzen, die sich zu... zeigen, wird die Bewegung des Wassers in weit höherem Grade ...äſsigt, als man dieses durch künstliche Mittel thun könnte. Nun...ehr bleibt also das Watt ganz sich selbst überlassen.

Die erste Pflanze, die sich auf dem schlammigen Boden zeigt, ...st der Glasschmalz oder die Seekrappe (salicornia herbacea), ein ...blätterloses Gewächs, dessen sehr saftige vielfach verzweigte Aest...chen aus kurzen Gliedern zusammengesetzt sind. Sehr wenig später ...zeigt sich auch das Salzkraut (Salsola Kali), das vergleichungsweise ...zu jenem ein sehr dürres Ansehn hat, und dessen kleine Blättchen stachelförmig zugespitzt sind. Diese beiden Pflanzen, die gruppenweise das noch niedrige Watt dicht überziehn, werden, wenn sie auch ganz ausgewachsen sind, schon bei gewöhnlichen Fluthen beinahe vollständig überdeckt. Auf den niedrigsten Stellen kommen sie deshalb auch nicht zur Blüthe, vielmehr geschieht dieses nur, wenn sie auf höheren Watten stehn, wo sie zum Theil über Wasser bleiben. Sie bilden an der Jade, sowie auch am Dollard ausgedehnte, dichte Gebüsche, nach deren Begrenzung man die Höhe der Watte sehr sicher beurtheilen kann. Im Oldenburgischen bezeichnet man beide Pflanzen-Arten, obwohl sie ganz verschieden sind, mit dem gemeinschaftlichen Namen, Quendel. Man findet

beide, doch nur vereinzelt, auch am Strande der Ostsee. Sie
den zur Soda-Fabrikation benutzt.

Ist das Watt so hoch angewachsen, dafs es nur noch 2
unter gewöhnlicher Fluth liegt, so findet sich eine andre Pfl
ein, die es gleichfalls dicht überzieht. Dieses ist eine Sternbl
(aster tripolium). Sie hat solche Höhe, dafs sie selbst die gewö
lichen Springfluthen überragt. Es gewährt einen eigenthümlich
Anblick, ihre theils gelben und theils rothen Blüthen zur Zeit
Hochwassers wenig über den Wellen in zahlloser Menge hin-
herschwanken und oft darauf schwimmen zu sehn.

Wenn endlich der Boden die Höhe der gewöhnlichen Flut
nahe erreicht hat, er also zur Zeit der todten Fluthen einige T
hindurch vom Wasser nicht bedeckt wird, so fängt er an, sich
einer Grasnarbe zu überziehn, und zwar mit demselben Grase,
auch später den Aufsendeich bedeckt, und ein sehr nahrhaftes Vi
futter bildet. Dieses ist ein Rispengras (Poa maritima und
laxa). Sobald dieses Gras eine dichte Narbe bildet, nennt man
bisherige Watt, einen Groden.

Die benannten Pflanzen sind keineswegs die einzigen, die
hier vorfindet, doch die übrigen zeigen sich nur vereinzelt, währ
diese in ausgedehnten Gruppen neben einander wachsen, und
zugsweise die Flora auf diesem jungen Boden bilden. Es sind
vorstehend nur die unteren Grenzen ihres Vorkommens angegeb
weiter landwärts giebt es für sie keine Grenze. Salicornia und
häufiger Salsola sieht man auch zwischen dem Rispengrase wa
sen. Sämmtlich tragen sie aber zur Beruhigung und daher zur
ständigeren Klärung des Wassers wesentlich bei, und in gleich
Maafse schützen sie auch die Thontheilchen, die zwischen ih
niedergeschlagen sind, und verhindern, dafs dieselben bei späte
Fluthen wieder vom Wasser gehoben werden. Das Anwachsen
Watte erfolgt aller künstlichen Mittel unerachtet bis zur hal
Fluthhöhe viel langsamer, als sie später sich erhöben, wenn die
Vegetation sie überzogen hat.

Schliefslich mag hier noch erwähnt werden, dafs der Jade-
sen auf der westlichen Seite am stärksten anwächst, und dafs
der Vergleichung der nach und nach ausgeführten neuen Ein
chungen das Ufer hier durchschnittlich in jedem Jahre um 40
Fufs vortritt. Noch beträchtlicher sind die Verlandungen am Doll

...hält der jährliche Anwachs sogar eine durchschnittliche Breite ...64 Rheinländischen Fufsen hat und zwar nicht nur vor den ...küsten, sondern auch vor den südlichen Ufern.*)

§. 15.

Ausführung der Seedeiche.

Die Anordnung und Construction der Seedeiche stimmt in vieler Beziehung mit der der Flufsdeiche so genau überein, dafs ein ...res Eingehn in alle Einzelheiten entbehrlich erscheint. Es ...daher hier nur in soweit der Deichbau behandelt werden, als ...Wellenschlag, die Fluth und Ebbe und die dadurch veranlafste ver...dene Richtung des Stromes besondere Berücksichtigung fordern. Insofern bei Ueberfluthung eines Deiches nicht nur der dahin...belegene Polder der Inundation ausgesetzt, sondern auch der ...h selbst durch das darüber stürzende Wasser angegriffen, und ...t zerstört wird, so kommt es zunächst darauf an, die erforder...Kronenhöhe des Deiches zu bestimmen. Dieses kann im ...meinen bei Seedeichen mit gröfserer Sicherheit als bei Strom...ben geschehn, und namentlich wenn diese eine Niederung um...schliefsen sollen, die bisher noch offen war. Der Grund dafür ist ...its oben angegeben: eine Beschränkung des Durchflufsprofiles, ...durch ein Aufstau veranlafst werden könnte, kommt hier nie vor, ...eben so wenig kann in Folge von Eisversetzungen der Was...stand sich zu ungewöhnlicher Höhe erheben. Es kommt nur dar...an, dafs man die Höhen der gewöhnlichen Fluthen, und die ...schwellungen kennt, welche Stürme veranlassen, und aufserdem ...h die Höhe der Wellen vor den Ufern berücksichtigt.

Das gewöhnliche Hochwasser über dem mittleren Wasserstande der See, so wie auch das der Springfluthen mufs zunächst ...sorgfältigen und ausgedehnten Beobachtungen hergeleitet wer...den. An den Mündungen von Strömen und in Meerbusen geben ...h, wie gleichfalls schon nachgewiesen, zuweilen manche locale ...flüsse auf den Fluthwechsel zu erkennen, doch pflegen dieselben ...in weiteren Entfernungen bedeutend zu sein, und es ist daher ...ig, in dieser Beziehung die Beobachtungen, die an anderen

*) In dem bereits angeführten Werke „de Dollard." Seite 156.

Punkten derselben Küste, wenn auch in Abständen von einigen M-
len gemacht sind, zum Grunde zu legen. Man kann demnächst a
den höchsten und niedrigsten Wasserständen, die während wenig
Tage bei recht ruhiger Witterung gemessen sind, schon den m
leren Wasserstand der See an demjenigen Ufer mit hinreichend
Schärfe feststellen, auf dem der beabsichtigte Deich ausgeführt w
den soll. Nichts desto weniger pflegt man den Entwürfen zu n
Eindeichungen, namentlich wenn sie sich nicht unmittelbar an sc
bestehende Anlagen dieser Art anschliefsen, vollständige und g
rig ausgedehnte Beobachtungsreihen zum Grunde zu legen.

Sodann ist zu untersuchen, wie weit die höchsten Wass
stände sich über das gewöhnliche Hochwasser erheben. Hie
ist der Einflufs, den die Richtung der Küste und ihre Gestalt
ausübt, schon viel erheblicher, insofern diese Wasserstände ni
allein von der Höhe der Fluthen, sondern in grofsem Maafse au
von den Stürmen herrühren. In den Niederlanden pflegt man d
Sturmfluthen vom 14. und 15. Januar 1808, vom 4. Februar 1825 u
vom 24. Februar 1837 solchen Untersuchungen zum Grunde zu leg
wobei die Wasserstände des Meeres die gröfste bekannte Höhe e
reichten. Letztere beträgt an den Niederländischen Küsten ohn
Rücksicht auf den Wellenschlag 7½ bis 9 Fufs über gewöhnlich
Hochwasser, und der Unterschied von 1½ Fufs zwischen diesen beid
Angaben bezeichnet den Einflufs der Lage der Küste gegen die Win
richtung. Die Fluth steigt am höchsten, wenn der Sturm von der Se
seite normal die Küste trifft, und im umgekehrten Falle am niedrigst

Endlich müssen die Deiche noch so weit erhöht werden, da
die Wellen nicht hinüberschlagen. Hierbei ist wieder die Ri
tung der Küste von grofsem Einflusse, so wie auch andre Umstä
den Wellenschlag verstärken, oder mäfsigen. Ist die Küste ostw
gekehrt, oder wird sie von den westlichen Stürmen, die immer
heftigsten sind, nicht getroffen, so genügt es, die Deiche 2 bis
Fufs über die bekannte höchste Fluth zu legen. Auf den we
chen Küsten ist die Höhe der Wellen dagegen ohne Vergleich
gröfser; in der Provinz Seeland hat man beobachtet, dafs sie
bis 8 Fufs über den gleichzeitigen mittleren Stand des Meeres
heben. Der Wellenschlag ist aber von der Ausdehnung und
henlage des Vorlandes abhängig. Wo dieses schmal und nie
ist, oder vollständig fehlt, treffen die Wellen mit voller Kraft

ihrer ganzen Höhe den Deich, derselbe kann dagegen merklich niedriger gehalten werden, wenn ein weites Vorland ihn schützt.

Nach diesen Ermittelungen pflegt man die Höhe eines Deiches zu bestimmen, dafs die Krone mit dem Kamme der Wellen zur Zeit der stärksten und höchsten Sturmfluthen in gleichem Horizonte liegt. Eine noch weitere Erhöhung würde sich nicht rechtfertigen, da die Kosten der Anlage schon unter dieser Voraussetzung sehr bedeutend zu sein pflegen, und nahe wie die Quadrate der Höhen wachsen. Die Krone bleibt aber, wenn sie dieser Bedingung entspricht, keineswegs trocken, denn nicht nur spritzt das Wasser darüber, sondern einzelne Wellen laufen auch über sie fort, und ergiefsen sich in das Binnenland. Nichts desto weniger ist alsdann doch einer eigentlichen Ueberströmung vorgebeugt und der Deich in dieser Beziehung vor Beschädigungen genügend gesichert.

Einige Angaben über die Höhe der Seedeiche werden nicht ohne Interesse sein, doch mufs bemerkt werden, dafs diese Höhe keinen auf gröfsere Länge dieselbe bleibt, vielmehr immer verändert werden mufs, so oft die Richtung des Deiches sich ändert, oder die Beschaffenheit des Vorlandes wechselt, oder vielleicht auch einzelne Stellen vorzugsweise gesichert werden sollen. So liegt der Deich bei Vliessingen 16 Fufs über gewöhnlichem Hochwasser, während er weiter ostwärts bei Rammekens, in der Entfernung einer starken halben Meile schon $6\frac{1}{2}$ Fufs niedriger ist. Der Westcappelsche Deich, der auf der Westseite die Fortsetzung desselben Deiches bildet, liegt an den am meisten ausgesetzten Stellen 15 Fufs über dem gewöhnlichen Hochwasser. Der Schaardeich auf der Insel Schouwen, westwärts von Brouwershaven liegt auf $20\frac{1}{2}$ Fufs, und dieses ist die gröfste Höhe, die in den Niederlanden vorkommt. Der oben beschriebene Deich vor dem Helder wechselt zwischen 12 und 15 Fufs über gewöhnlichem Hochwasser, durchschnittlich liegen aber die Deiche an der Niederländischen Küste auf etwa $11\frac{1}{2}$ Fufs.

Die Krone der Seedeiche kann nicht füglich als Fahrweg benutzt werden, weil zur Zeit eines Sturmes die Passage darauf zu unbequem und wegen der aufschlagenden Wellen, vor denen die Pferde zu scheuen pflegen, auch zu gefährlich sein würde. Aus diesem Grunde bedarf die Krone nicht einer so grofsen Breite, als auf Flufsdeichen, und man hält, wenn das Profil im Uebrigen normalmäfsig ist, eine Breite von 10 Fufs für genügend. Nichts desto

weniger mufs besonders bei höheren Deichen dafür gesorg
dafs das Material, welches zu ihrer Instandsetzung erford
bis nahe zur Höhe der Krone angefahren werden kann.
Weg, mit dem sie zu diesem Zwecke versehn sind, liegt
hohen Banket an der Binnenseite der Krone. Aus diese
kann man, wie vielfach geschieht, dieses Banket als die
Krone des Deiches, und jene Erhöhung, die als Krone
wird, nur als eine Kade betrachten. Jedenfalls mufs d
besonders wenn sie eine bedeutende Breite hat, mit stark
gefälle versehn werden, damit das aufschlagende Wasser
fliefsen kann, und hieraus ergiebt sich wieder die eige
Anordnung, dafs eine breite und horizontale Krone gar
stirt, vielmehr die obere Fläche nach der Seeseite sehr
gleichmäfsig ansteigt, und der Rand derselben, der sie
äufsere flache Dossirung begrenzt, der einzige Theil des D
der die erforderliche Höhe hat, und das Ueberschlagen d
verhindert. Bei den Deichen der Niederländischen Küste
lich grofsentheils wegen der steilen äufsern Dossirungen
ken Beschädigungen ausgesetzt sind, pflegen die Krone
fast eben so hohen Bankete 18 bis 24 Fufs breit, und
Verbindungswege zu sein. Sie werden entweder als Klinl
behandelt (Fig. 31), oder mit kleinen Seemuscheln besch
eine sehr ebene, harte und für das leichte Fuhrwerk au
chend feste Strafse bilden. Auf die Unterhaltung derse
grofse Aufmerksamkeit verwendet, woher jedes Geleise sog
gefüllt, und wenn die Erhöhung des Deiches nöthig wer
die ganze Decke sorgfältig entfernt wird.

Diese bedeutende Breite gewährt nicht nur bei vork
Beschädigungen eine grofse Erleichterung in der Anfuhr
rials, sondern die Einbrüche der Dossirung auf der äuf
sind weniger bedenklich, und endlich kann man, wenn et
nig eine Aufkadung vorgenommen werden mufs, das da
Material auch von der Krone des Deiches selbst entnehm

Für die äufsern und innern Dossirungen der
gelten dieselben Regeln, wie bei den Stromdeichen, vor
dafs sie aus guter Erde bestehn und durch ein hinreiche
und hohes Vorland geschützt werden, auch nicht etwa
Umstände eine Abweichung hiervon begründen. Beraste

n dreifacher Anlage auf der äufsern, und $1\frac{1}{2}$facher auf der
Seite sind in solchen Fällen vollkommen genügend. Der Deich
eht alsdann selbst dem heftigsten Wellenschlage, ohne eines
n Schutzes zu bedürfen. In solchen günstigen Verhältnissen
nan viele Deiche im Oldenburgischen, sowie auch in Ostfries-
d weiter westwärts bis zum Laauwer See. Grofsentheils
ses indessen Deiche, die in neuerer Zeit auf stark anwach-
Boden aufgeführt sind, die also, wenn sie auch zuweilen
arten Angriffe ausgesetzt, dennoch vergleichungsweise gegen
eineswegs besonders bedroht werden. Für Deiche, die dem
'ellenschlage der See ausgesetzt sind, und namentlich wenn
land ganz oder theilweise ihnen fehlt, auch wohl gar See-
tt der zähen Klaierde zu ihrer Aufschüttung benutzt wer-
tte, sind jene Böschungen dagegen nicht genügend, und man
andern viel kräftigeren und kostbareren Schutzmitteln grei-
viederholten gefahrdrohenden Beschädigungen und Durchbrü-
zubeugen. Von diesen Mitteln wird im Folgenden die Rede sein,
: nur zu erwähnen, dafs es nothwendig ist, die äufsern Böschun-
so flacher zu halten, je weniger Zusammenhang die Erde hat.
ınd nimmt drei Classen der Seedeiche an. Zu der
echnet er diejenigen, die unmittelbar gegen die Nordsee ge-
nd den heftigsten Stürmen ausgesetzt sind, auch kein Vor-
sich haben, wie der Westkappelsche und der Westwate-
ich (westlich von Vliessingen) auf der Insel Walcheren, oder
ts erwähnte Scharren-Deich auf der Insel Schouwen. Deiche
rt sollen mit Rücksicht auf den Umstand, dafs sie grofsen-
s Sand bestehn, durchschnittlich zehnfache Anlage in der
Böschung haben. Er empfiehlt jedoch, dieselbe nicht gleich-
n der ganzen Höhe darzustellen, sondern in der Art, wie
ı bereits viel früher vorgeschlagen hatte, den untern Theil
d steiler, als den obern zu halten, also die Dossirung vom
ıch der Krone nach und nach flacher werden zu lassen.
nordnung rechtfertigt sich in sofern, als der Wellenschlag
ıeftiger und zerstörender wird, als der Wasserstand höher
r Fufs soll daher nur mit sechsfacher Anlage steigen, aber
ld in eine etwas flachere übergehn, und Aenderungen im
Sinne sich so vielfach wiederholen, dafs die ganze Böschung
nittlich zehnfache Anlage erhält. Dabei ist noch darauf

Rücksicht zu nehmen, dafs die beste Erde sorgfältig zur Bekle
der Dossirungen benutzt wird, um hier die Bildung eines
Rasens noch möglich zu machen. Die Grasnarbe kann aber
allen Umständen nur bis gegen das gewöhnliche Hochwasser h
geführt werden; setzt sich daher die Dossirung des Deiches
tiefer fort, so mufs dieser Theil schon als Seeufer behandelt u
andrer Weise gedeckt werden.

Aehnliche Rücksichten werden auch für die zweite Class
Deiche empfohlen, nämlich für solche, die entweder an mehr ges
ten Stellen, oder an den Mündungen der Seegatte und Ström
gen. Sie sollen äufsere Böschungen erhalten, die durchschni
fünffache Anlagen haben. Für diejenigen Deiche endlich, w
besonders günstig liegen und keinem starken Angriffe ausg
sind, genügt in der äufsern Böschung die dreifache und zum
sogar die zwei und einhalbfache Anlage.

Was die Binnendossirung betrifft, so begnügt man s
vielen Fällen schon mit einfacher Anlage, doch ist diese selb
sehr gutem Boden nur wenig haltbar. Wenn die Erde mit
versetzt ist, so ist mindestens die ein und einhalbfache Anla
wählen, und bei reinem Sande mindestens die zweifache, weil
abgesehn von äufsern Beschädigungen schon der Regen in ste
Böschungen Einrisse verursacht. Aufserdem mufs man imme
auf Rücksicht nehmen, dafs nur die Grasnarbe diesem Thei
Deiches Schutz bietet, dafs aber eine solche auf den steilen Fl
sich nicht regelmäfsig ausbildet. Selbst bei ein und einhalb
Anlage überzieht der Rasen noch nicht in ebener und ununt
chener Fläche die Dossirung, oder wenn dieses auch Anfan
schehn ist, so zeigen sich darin doch sehr bald einzelne Vert
gen, und die Instandhaltung ist um so kostbarer, als man bei
stiger Witterung den Deich gewöhnlich beweiden läfst.

Bei Seedeichen verbietet sich aufserdem die Anwendung
steiler Binnendossirungen dadurch, dafs einzelne Wellen he
schlagen, und die grofsen Wassermassen derselben nicht abfl
können, ohne Einrisse zu veranlassen. Deshalb dürfte die zwe
Anlage vorzugsweise zu empfehlen sein. Diese genügt aber
entfernt, wenn der Deich zuweilen überströmt wird. Solche I
kommen, wie bereits erwähnt, hin und wieder in den Niederl
vor. Der Rheinländische Slaperdeich zwischen Amsterdam

Haarlem, der während anderthalb Jahrhunderten bei allen ungewöhnlich hohen Wasserständen und oft sehr stark überströmt wurde, leistete immer genügenden Widerstand und bedurfte keiner kostbaren Instandsetzungen, seitdem die Binnendossirung eine eilf- bis zwölffache Anlage erhalten hatte. Dieselbe flache Böschung hat man auch in den Jahren 1825 und 1826 den Ueberlafsdeichen am Süder-See in der Provinz Over-Jjssel gegeben und diese haben zum Theil im ersten Winter schon starke Ueberströmungen ohne alle Beschädigung ausgehalten, einer derselben in der Nähe von Kampen wurde aber im obern Theile fortgespült, ohne dafs eine tiefe Rinne, oder ein Kolk, wie bei sonstigen Durchbrüchen, sich bildete.

Die sorgfältige Wahl des Materials und die gute Ausführung trägt wesentlich zur Erhaltung des Deiches bei. Es gelten in dieser Beziehung für Seedeiche ungefähr dieselben Regeln, wie für Stromdeiche, doch kommen wegen der localen Verhältnisse bei den ersteren manche Rücksichten in Betracht, die bei den letztern unbeachtet bleiben dürfen. Wo ein junger, gehörig angewachsener Groden eingedeicht werden soll, findet man jedesmal in unmittelbarer Nähe den Marschboden, der sich zu Deichschüttungen vorzugsweise eignet, er besteht aus sehr zäher Thonerde. Derselbe findet sich auch vorzugsweise in allen Marschen, da man ihn aber bei gröfseren Reparaturen und selbst bei gewöhnlicher Unterhaltung der Deiche aus dem Binnenlande nicht entnehmen kann, so wird man auf das Material angewiesen, welches der Aufsendeich liefert, oder das man sonst mit den mindesten Kosten beschaffen kann. Dieses ist der Grund, dafs man zuweilen und sogar bei den wichtigsten Deichen gezwungen ist, Erdarten zu verwenden, die weit weniger brauchbar sind. Demnächst ist die mit Sand und vegetabilischen Stoffen versetzte Acker- oder Gartenerde noch sehr brauchbar, obwohl sie dem Angriffe der Wellen weniger widersteht, als der reine Thon. Ihre Theilchen sind in sich nicht so fest verbunden, dafür lagern sie sich aber bei der Schüttung noch dichter, und es tritt dabei nicht die Gefahr ein, dafs beim Zusammentrocknen sich Spalten und Risse im Innern bilden, was bei der Klaierde zuweilen geschieht, wodurch starke Quellungen veranlafst werden.

Sehr sandiger Boden und selbst reiner Sand mufs zuweilen zu Deichen verwendet werden, wenn kein anderes Material beschafft werden kann. Die ganze Masse hat dabei gar keinen Zusammen-

hang, und sobald sie vom Wellenschlage angegriffen wird, so pflegen die Zerstörungen übermäfsig grofs zu sein. Dazu kommt noch der Uebelstand, dafs das Wasser stark durchsickert und sonach bedeutende Quellungen eintreten. Nichts desto weniger findet beim Sande doch der günstige Umstand statt, dafs er ein grofses specifisches Gewicht hat, und die ganze Masse sich daher weder hebt, noch auch leicht fortgeschoben werden kann. Wenn man, wie in der unmittelbaren Nähe der See, zuweilen gezwungen ist, den Deich aus reinem Sande aufzuführen, so müssen wenigstens seine Dossirungen, und vorzugsweise die äufsere Böschung mit einer starken Lage Thonerde sorgfältig überdeckt werden, um eines Theils den Sand vor dem Wellenschlage zu sichern, sodann aber auch um hier eine kräftige Grasnarbe zu bilden, die auf dem reinen Sande weder dargestellt, noch auch erhalten werden kann. In den Niederlanden giebt es Deiche dieser Art, die sich sehr gut halten, aber auf der äufsern Fläche 3 Fufs hoch mit Klaierde überdeckt sind.

Moorerde und vollends Torf dürfen beim Deichbau nie verwendet werden, weil bei diesen nicht nur alle Uebelstände wie beim Sande eintreten, sondern sie aufserdem auch so leicht sind, dafs sie nahe ihr ganzes Gewicht im Wasser verlieren, und zuweilen sogar darauf schwimmen. Dazu kommt noch, dafs sie beim Trocknen sehr stark schwinden, und alsdann Risse in dem Deiche entstehn, die bei hohen Fluthen grofse Wassermassen hindurchlassen. Wenn diese Risse sich gewöhnlich nach einiger Zeit auch wieder schliefsen, so kann es doch geschehn, dafs die Quellungen schon vorher so viel Material ausgespült haben, dafs der Deich dadurch in die gröfste Gefahr kommt. Der Torf findet freilich hin und wieder beim Deichbau eine eigenthümliche Anwendung, indem man daraus eine Art von Mauer bildet, wogegen der Deich sich lehnt, doch ist dieser Schutz im höchsten Grade unsicher und zugleich kostbar, indem man ihn in jedem Jahre erneuen mufs. In dieser Weise wurde der überaus steile Deich vor der Kirche Moorlose an der Weser in jedem Winter gesichert, bis er durch die Stromcorrectionen ein hinreichend breites Vorland gewann, und gehörig profilirt werden konnte.

Bei Ausführung der Deiche ist vorzugsweise dahin zu sehn, dafs alle Theile der Schüttung, sowol unter sich, als auch mit dem Untergrunde in innige Verbindung gebracht werden. Zu diesem

wird der Boden von dem Rasen entblöfst, auch beseitigt zu gröfserer Tiefe die Wurzeln der Bäume, Sträucher und Gewächse, und lockert die Erde nicht nur in der Oberfläche Hacke auf, sondern gräbt sie um, oder pflügt sie auf, und es geschieht dieses, wenn sie recht fest und hart ist. Die die zur Schüttung benutzt wird, mufs gleichfalls ganz rein enden Stoffen sein, weil neben solchen leicht Wasseradern lden. Man bringt sie in dünnen Lagen auf, die nicht leicht , als etwa 12 Zoll sind, und jede Lage mufs, bevor die foldarüber geschüttet wird, möglichst comprimirt und mit der er befindlichen verbunden werden. Dieses geschieht entweder beim Aufbringen der einzelnen Lagen, indem man sich dabei Wagen oder Karren bedient, die mit Pferden oder Ochsen st sind. Sowol unter den Hufen der Zugthiere, als unter dern erfolgt alsdann die Compression der bereits aufgeschüt-Lage. Damit jedoch diese Befestigung sich über die letztere ndig ausdehnt, so dürfen die Karren nicht immer in demsel-Gleise bleiben, wobei allerdings der Zug etwas vermindert vielmehr müssen die Pferde bald hier und bald dort geführt , um die ganze frisch angeschüttete Schicht zu treffen und earbeiten. Es ist auch nothwendig, die entstandenen tiefe-Gleise immer sogleich wieder auszuebnen. Durch Holzbahnen ie Anfuhr nicht erleichtert werden, weil gerade das Einsinder Pferde und Wagen zur Befestigung der Schüttung dient. dagegen die Erde durch Menschen in Karren angeschoben was jedoch nicht leicht geschieht, so ist man gezwungen, Laufen benutzen, weil sonst die Arbeit gar zu schwierig sein . In diesem Falle mufs noch besonders für die Compression ichte Ablagerung der einzelnen Erdschichten gesorgt werden, ieses geschieht durch Abrammen.

Wie vorsichtig man indessen auch die Erde aufgebracht und ne dichte Ablagerung gesorgt hat, so tritt dennoch in dem en Deiche jedesmal eine starke Senkung ein, und zwar ist um so gröfser, je fetter der Thon ist, den man verwendet. hat die Menge des darin enthaltenen Wassers einen wesentn Einflufs auf das Sacken des Deiches, und Letzteres wird um öfser, je feuchter der Thon war. Hierdurch begründet sich Regel, dafs man, soviel es geschehn kann, mit der Aufführung

hang, und sobald sie vom Wellenschlage angegriffen
gen die Zerstörungen übermäfsig grofs zu sein. Dazu
der Uebelstand, dafs das Wasser stark durchsickert
deutende Quellungen eintreten. Nichts desto weni
Sande doch der günstige Umstand statt, dafs er ei
sches Gewicht hat, und die ganze Masse sich d
noch auch leicht fortgeschoben werden kann. W
der unmittelbaren Nähe der See, zuweilen gezwu
aus reinem Sande aufzuführen, so müssen we
sirungen, und vorzugsweise die äufsere Böschu
Lage Thonerde sorgfältig überdeckt werden,
Sand vor dem Wellenschlage zu sichern, soda
eine kräftige Grasnarbe zu bilden, die auf d
dargestellt, noch auch erhalten werden kann.
giebt es Deiche dieser Art, die sich sehr
äufsern Fläche 3 Fufs hoch mit Klaierde

Moorerde und vollends Torf dürfe
wendet werden, weil bei diesen nicht
beim Sande eintreten, sondern sie aufs
dafs sie nahe ihr ganzes Gewicht im W
len sogar darauf schwimmen. Dazu kom
nen sehr stark schwinden, und alsda
stehn, die bei hohen Fluthen grofse
Wenn diese Risse sich gewöhnlich
schliefsen, so kann es doch gesche
vorher so viel Material ausgespült h
die gröfste Gefahr kommt. Der To ... be
beim Deichbau eine eigenthümliche ... ches
eine Art von Mauer bildet, wogeg ... sehr
dieser Schutz im höchsten Grade ... rden
dem man ihn in jedem Jahre ern ... nur den
der überaus steile Deich vor de ... rch den W
jedem Winter gesichert, bis er
reichend breites Vorland gew ... inen Erdl
konnte.

Bei Ausführung der D ... Man geb
dafs alle Theile der Schüttun ... Lage in
Untergrunde in innige Ver ... und daran
... möglichst

obere Theil der äuſsern Lage durch die horizontale Fuge b
wird.

Wenn man bei Schüttung eines Deiches sehr nassen,
zähen Thon verwendet hat, und demselben vielleicht wegen
stiger Witterung auch nicht Gelegenheit zum Austrocknen
einzelnen Lagen geben konnte, so zieht er sich später merk
sammen, oder schwindet. Dabei entstehn Risse im Deiche, d
nur das Durchquellen auſserordentlich befördern, sondern a
ganzen Deich gefährden und seinen Bruch veranlassen
Man muſs daher sowol vor dem Aufbringen der Rasen, a
später sehr aufmerksam den Deich untersuchen, und wo solc
ten oder Risse sich bemerklich machen, die oft bei geringe
groſse Tiefe haben, muſs man sich bemühn, sie recht dicht
len. Storm Buising empfiehlt, hierzu recht fetten, feinen un
nen Thon zu verwenden, den man hineinschütten und mit
Instrumenten recht fest anstampfen soll. Wenn diese ers
tung auch nicht vollständig den Zweck erfüllt, und der R
einiger Zeit sich wieder öffnet, so soll es doch gelingen, die
lich nachhaltig und dicht zu schlieſsen, wenn man ihn wiede
lich in gleicher Weise behandelt.

Fast jedesmal trifft man in der Deichlinie einzelne tief
len an. Gewöhnlich sind dieses die Rillen, durch welche d
wasser ein- und die Ebbe abgeflossen ist, die aber beim
Anwachsen des Bodens, und so lange derselbe nicht gegen
tritt der Fluthen abgeschlossen war, noch in Wirksamkeit
und sich daher weder mit dem Niederschlage füllen, noch
sie keine Compression erlitten, die Festigkeit des andern
annehmen konnten. Die lockere Beschaffenheit des Grunde
nen wird durch die Vegetation der Sumpfpflanzen meist n
mehrt, und die Wurzeln des Schilfes und Rohres bilden ein
Masse, die bei der Schüttung des Deiches nicht nur überm
sammensinkt, sondern auch wegen des Mangels an alle
Verbindung ein starkes Durchquellen veranlaſst. Oft fin
hier schon in mäſsiger Tiefe einen festen und reinen Unt
In diesem Falle muſs man die vegetabilischen Stoffe und
zwischen abgelagerten Schlamm durch Graben und Baggern
tig entfernen, bis man den tragfähigen Untergrund errei
auf diesem die Schüttung des Deiches mit recht trockner

begissen, der bei der Berührung des Wassers nicht so leicht in Schlamm verwandelt wird. Es dürfte auch nöthig sein, diese Arbeit möglichst zu beschleunigen, um recht bald die angeschüttete Erde durch Abrammen in eine compacte Masse verwandeln zu können. Nichts desto weniger pflegen solche Stellen sich doch jedesmal ungewöhnlich stark zu setzen, und müssen daher mehr, als andere überhöht werden.

Wenn dagegen der Untergrund bis zu grofser Tiefe aus Moor oder Schlamm besteht, so dafs dessen Beseitigung zu kostbar oder ganz unmöglich wird, so mufs man andre Mittel ergreifen, die zum Theil mit den sonst gültigen Grundsätzen des Deichbaues im Widerspruche stehn. In seltenen Fällen, und besonders wenn der Deich sich nicht hoch erhebt, auch die obern Schichten der sumpfigen Stelle noch ziemlich fest sind, soll es gelungen sein, das starke Sinken dadurch zu vermeiden, dafs man die Böschungen sehr flach gehalten hat. Hierdurch wird freilich das ganze Gewicht des Deiches vergröfsert, aber noch mehr verbreitet sich die Basis, so dafs der Druck, den jede Stelle des Untergrundes erfährt, etwas geringer wird. Dabei mufs jedoch vorausgesetzt werden, dafs der Deich in sich einen steifen Körper bildet, von dem der mittlere Theil oder die Krone nicht tiefer herabsinken kann, als die beiden Seitenprismen, welche die Böschungen bilden, was doch kaum zu erwarten ist. Man hat bei der Wahl dieser Anordnung aber noch eine andre Absicht. Wenn nämlich in dem Schlamme eine schwere und grofse Masse versinkt, so erhebt sich der verdrängte Boden wellenförmig auf beiden Seiten, und dieses kann um so leichter geschehn, je kürzer der Weg ist, den er dabei zurücklegen mufs, oder je weniger Breite die aufgeschüttete Belastung hat. Es wird also durch die sehr flachen Dossirungen dieses Aufquellen ganz oder theilweise verhindert, und auf solche Art können recht breite Deiche das Setzen etwas mäfsigen. Man hat jedoch in vielen Fällen unter denselben Verhältnissen auch das entgegengesetzte Verfahren angewendet, und dem Deiche sowol eine recht schmale Krone, als auch recht steile Dossirungen gegeben, um sein Gewicht möglichst zu vermindern.

Wenn der Untergrund von der angegebenen Beschaffenheit ist, und gerade seine Oberfläche, wie oft vorkommt, noch die meiste Consistenz besitzt, so pflegt man bei der Schüttung des Deiches

dieselbe gar nicht anzugreifen. Man reinigt also wohl den R[illegible] von den darauf liegenden oder den hindurch gewachsenen sonstig[illegible] Pflanzen, indem man Schilf und Rohr u. d. gl. recht kurz ab[illegible] aber den Rasen oder die sonstige benarbte Oberfläche sticht [illegible] gar nicht ab, sondern bringt auf dieselbe die Erde auf. Um [illegible] Quellungen in dieser Fuge einigermaafsen zu verhindern, pflegt [illegible] nur am Fufse der äufsern Dossirung einen Graben zu ziehn, [illegible] mit guter Klaierde gefüllt und fest ausgestampft wird. Diese E[illegible] masse stellt die Verbindung zwischen der Dossirung und dem U[illegible] tergrunde dar, und erschwert sonach das Eindringen des W[illegible] bei hohen Fluthen.

In manchen Fällen, und namentlich in der Provinz Seeland h[illegible] man auch das Gewicht der Deiche dadurch wesentlich vermindert, dafs man sie zum Theil aus Faschinen aufgeführt hat. Eine oder mehrere Lagen Packwerk, deren Stärke gemeinhin dem vierten Theile der ganzen Höhe des Deiches gleich ist, werden zunächst auf den Rasen gelegt, und sodann mit Erde überschüttet. Letztere bildet nicht nur den obern Theil des Deiches, sondern auch die beiderseitigen Böschungen, und dieselben werden in der bereits beschriebenen Art wieder mit dem Untergrunde in Verbindung gesetzt. Dieses Verfahren ist wegen der grofsen Masse Faschinen, die dabei gebraucht werden, überaus kostbar; aufserdem bietet ein solcher Deich, besonders wenn er schon mehrere Jahre alt ist, und die Faschinen verrottet sind, nicht entfernt die Sicherheit eines gewöhnlichen Erddammes, und endlich sind dabei die Quellungen auch sehr bedeutend.

Ueber die Bekleidung der Seedeiche mit Rasen ist nichts besonderes zu bemerken, nur verdient erwähnt zu werden, dafs man in den Niederlanden ganz allgemein die gut benarbten Deiche bei trockner Witterung beweiden läfst, jedoch vorzugsweise nur durch Hornvieh. Auch ist es Regel, selbst dieses erst im dritten Jahre, oder wenn der Rasen schon fest angewachsen ist, die Dossirungen betreten zu lassen. Mit Anfang des Monats October hört aber die Weide auf.

Was die Wahl der Deichlinie bei neuen Eindeichungen betrifft, so gelten hier zum Theil dieselben Regeln, wie bei Stromdeichen. Man mufs mit der kürzesten Linie die gröfste Fläche zu umschliefsen sich bemühen, dabei mufs aber der Deich möglichst

auf hohen und festen Boden gelegt werden. In wie weit die letzte Rücksicht eine Abweichung von der ersten fordert, bleibt jedesmal der nähern Untersuchung vorbehalten, doch dürfen scharfe Ecken, und namentlich vorspringende, niemals vorkommen, weil diese einem zu heftigen Angriffe durch die Wellen ausgesetzt sein würden. Der Wellenschlag mufs aber besonders hierbei berücksichtigt und daher, wenn es irgend vermieden werden kann, der Deich nicht so gelegt werden, dafs er von den heftigsten Stürmen normal getroffen wird. Dieses wird zuweilen nicht zu umgehn sein, aber in solchem Falle mufs man bemüht sein, ihm durch einen recht breiten und hohen Aufsendeich hinreichenden Schutz zu geben. Die nothwendige Breite dieses Aufsendeiches, worüber bereits das Nöthige mitgetheilt wurde, ist maafsgebend bei Beantwortung der Frage, wie weit man die Eindeichung überhaupt herausrücken kann.

Schliefslich ist noch auf einen sehr wichtigen Punkt bei Erbauung von Seedeichen aufmerksam zu machen. Dieselben werden in der Regel auf einem Terrain ausgeführt, das etwas über dem mittleren Hochwasser und unter dem der Springfluthen liegt. In der kurzen Zwischenzeit von einer Springfluth bis zur nächsten kann man die Deichanlage nicht vollenden, gemeinhin ist dieses sogar in einem Sommer nicht möglich. Um nun zu verhindern, dafs nicht die nächsten Springfluthen schon bis an die so eben aufgeschüttete Erdmasse treten, die sie unfehlbar zum Theil abwaschen und an deren Enden sie bedeutende Ausrisse bilden würden, indem sie die noch nicht ganz abgeschlossene Fläche dahinter füllen und daraus später wieder zurückfliefsen, so bleibt nur übrig, die ganze Baustelle ohnerachtet ihrer sehr grofsen Ausdehnung mit einer Art von Fangedamm oder einem niedrigen Kade-Deich zu umschliefsen. Derselbe erhebt sich meist nur etwa 2 Fufs über gewöhnliche Springfluthen. An der Deutschen und Niederländischen Nordsee-Küste bleibt er daher auf einem hohen Watte noch ziemlich niedrig, und man braucht ihn auch nicht mit besonders flachen Böschungen zu versehn und mit Rasen zu bekleiden. Er soll nur während der Sommer-Monate, wo keine heftigen Stürme zu erwarten sind, nothdürftigen Schutz gewähren, und wenn er zu durchbrechen droht, so kann er an den gefährdeten Stellen durch Strauch oder auf andre Weise gesichert werden. Im Schutze dieses Dammes wird alsdann der neue Deich ausgeführt, und wenn derselbe so lang ist, dafs man

ihn in einem Sommer nicht fertig stellen kann, so ist es an
theilhaftesten, ihn in zwei Theile zu trennen, von denen der
erst im nächsten Jahre in Angriff genommen wird. Der Kahd
mufs alsdann eben so wie die erste Hälfte des Hauptdeiches
dahinter liegenden alten Deich angeschlossen werden. Diese
Anschlüsse lassen sich aber auch vereinigen, indem dieser The
Kadedeiches im Spätherbste so erhöht und verstärkt wird, d
auch die Winterfluthen von der neu eingedeichten Fläche a
Man giebt ihm aber solche Lage, dafs er den Stürmen mög
wenig ausgesetzt ist, und er sonach ziemlich schwach profilirt
den darf. Wenn demnächst im folgenden Sommer die zweite
des Deiches im Schutze einer zweiten Kade erbaut ist, wird
Anschlufsdeich beseitigt.

Die zum Deiche erforderliche Erde wird jedesmal aus dem
lande oder dem Aufsendeiche entnommen, und damit die Erd
ben nicht etwa in tiefe Wasserläufe sich verwandeln, in dene
starke Strömung sich darstellt, so dürfen sie nicht im Zusam
hange stehn, vielmehr läfst man breite Erdstreifen zwischen
ganz unberührt. Ihre Ausfüllung mit neuem Schlick pflegt al
in wenig Jahren vollständig zu erfolgen.

Die Erbauung der Entwässerungs-Schleuse oder des Siel
fordert eine besondere Vorsicht. Hiervon wird im Folgende
Rede sein, und hier wäre nur zu bemerken, dafs man dazu
Untergrund wählen mufs, woher nicht leicht die Abführun
Wassers in derselben Rille erfolgen kann, in welcher dieses v
Eindeichung vom Groden abflofs.

§. 16.

Sicherung der Seedeiche.

Die Seedeiche, welche an sich nicht die erforderliche S
haben, oder wegen Unzulänglichkeit des Aufsendeiches bes
bedroht werden, pflegt man durch gewisse Sicherungs-Maafs
schon vor dem Eintritt wirklicher Beschädigungen gegen sol
schützen. Dieses geschieht unter zwei verschiedenen Gesichts
ten. Diese Schutzmittel sind nämlich entweder dauernd, ode
bringt sie nur während des Winters in Anwendung, wenn di

gten Stürme und höchsten Fluthen zu erwarten sind, und beseigt sie demnächst wieder beim Eintritt des Frühjahrs. Die ersteren ben unbedingt den Vorzug, dafs sie auch bei ungewöhnlich ungünstiger Witterung im Sommer zur Wirksamkeit kommen, also ch in diesem Falle die Gefahr abwenden, doch sind sie viel kostwer, als die letzteren. Demnächst wird hier auch von solchen Vertheidigungs-Arbeiten die Rede sein, die man erst vornimmt, wenn die Beschädigungen bereits eingetreten sind. Diese zerfallen wieder in zwei Klassen, je nachdem man sie mit Mufse ausführen kann, wodurch der Deich wieder in den normalen Zustand versetzt wird, oder sie sollen nur der augenscheinlichen Gefahr vorbeugen und den Deich nothdürftig erhalten. Letztere müssen also später wieder beseitigt und durch die ersteren ersetzt werden.

Wenn ein Deich den im vorigen Paragraph bezeichneten Regeln entsprechend ausgeführt ist und gehörig unterhalten wird, er also aus zähem Thone besteht, die gehörige Höhe und hinreichend flache und gut benarbte Dossirungen hat, auch vor ihm ein breiter und hoher Aufsendeich liegt, so bedarf er keines weiteren Schutzes. Diese günstigen Verhältnisse treten indessen vorzugsweise nur an Meeres-Buchten oder an solchen Ufern ein, die keinem besonders heftigen Angriffe ausgesetzt sind. An der offenen See sind sie sehr selten, und kommen daselbst vielleicht niemals in vollem Maafse vor. Am häufigsten geschieht es, dafs man die Uferdeckung zur rechten Zeit versäumt hat, also das Vorland abgebrochen ist. Will man einen Deich, dessen Fufs bereits an den Rand des Ufers tritt, noch erhalten, so mufs jedenfalls die Uferdeckung vorgenommen werden, aber dieselbe genügt allein nicht mehr, weil die Wellen alsdann schon in ungeschwächter Kraft den Deich treffen, und den Rasen, der ihn schützt, sehr bald zerstören. Vielfach sind die Umstände aber noch ungünstiger und namentlich ist bei einem grofsen Theile der Niederländischen Deiche selbst diese spätere Uferdeckung versäumt oder in ungenügender Weise ausgeführt, so dafs auch die flache äufsere Böschung dem Deiche fehlt und derselbe sehr steil aus der Tiefe ansteigt. In einzelnen Fällen ist diese Böschung gar nicht mehr vorhanden und der Deich mufs alsdann an eine senkrechte oder beinahe senkrechte Wand gelehnt werden. In dieser Weise sah man vor einigen Jahrzehnden zwischen Amsterdam und Haarlem sowol Bohlwerke, als auch Mauern,

Stelle der äufsern Dossirung des Sloter-Deiches er
bei Zwart Sluis an der Mündung der Vechte ohnfern Z
das Bohlwerk, welches den Deich schützte, in geri
von demselben und der Zwischenraum war mit Torf
Zu diesen Deichen, die gar keine äufsere Dossirun
gehören vorzugsweise die sogenannten Wierdeiche an der S
in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts noch vielfac
grosser Ausdehnung vorhanden waren.

Deiche, welche einem starken Wellenschlage ausgesetz
häufig durch Steindecken geschützt. Wie sich
dienswerth dieses Mittel aber auch ist, so verbietet sich
ndung doch in den meisten Fällen wegen der grofser
it, weil natürliche Steine in den Marschgegenden nic
und künstliche nicht wohlfeil genug sind, um die w
ten Dossirungen der Deiche damit zu bedecken. E
nur eine beschränkte Anwendung dieser Deckungsa
selbst wo man sich dazu entschliefst, wird sie gemein
Sicherung des untern Theiles der Dossirungen benutzt, v
obere entweder durch die Rasenbekleidung, oder viell
noch durch die bereits angedeuteten zeitweisen
geschützt wird. Obwohl der Wellenschlag um so verhe
je höher die Fluth steigt, und sonach gerade die obern
Deiches alsdann am meisten leiden, so rechtfertigt si
dennoch dadurch, dafs sehr hohe Fluthen nur se
auch nach kurzer Dauer der Wasserstand wieder
man also mit grofser Sicherheit hoffen darf, die entst
digungen ausbessern zu können, bevor sie zu einer
Gröfse angewachsen sind.

Ueber die Ausführung dieser Steindecken ist wenig z
mit denjenigen genau übereinstimmen, welche bei Ufe
lich sind, von denen im folgenden Abschnitte die R
Hier wäre nur zu erwähnen, dafs man vor einigen J
in den Niederlanden den gebrannten Steinen dadu
gedehntere Anwendung für diesen Zweck zu verschaffen
war, dafs man sie in ungewöhnlicher Gröfse darstellte. I
chen Ziegel sind zur Deckung der Meeresufer sehr brauchl
schützen sogar wegen ihres genauen Schlusses den Untergr
ständiger, als eine Decke aus gewöhnlichen Feldsteinen. Si

so wenig Masse, dafs sie von den Wellen fortgerissen werden, sie den dichten Schlufs verloren haben, und eine gröfsere fs-Fläche bieten. Aus diesem Grunde mufs man sie noch da- in ihren Lagern zu halten suchen, dafs man sie nur auf flachen Böschungen benutzt, und hierdurch wird ihre Anwen- aufserordentlich beschränkt.

In den Jahren 1811 bis 1813 liefs der Ober-Ingenieur Wilde- zuerst solche gröfsere Steine formen und brennen, und ver- dete sie zur Bekleidung des sogenannten Bentdijk bei Vollen- in der Provinz Overijssel. Ihre quadratische Oberfläche hielt en Seiten 16 Zoll und ihre Dicke maafs 7½ Zoll. Jeder Stein daher etwas über einen Cubikfufs grofs und wog 128 Pfund. Verwendung geschah in der Art, dafs eine Böschung von drei- r Anlage sich in der Höhe des niedrigen Wassers an eine che aber dicht schliefsende Pfahlwand lehnte. Der Boden zuerst mit drei Schichten gewöhnlicher Ziegel überdeckt, diese l lagen, wie bei gewöhnlichen Mauern auf den flachen Seiten, m die Fugen gehörig zu wechseln, waren nur die Steinreihen ntern Schicht zum Ufer parallel gelegt, die der folgenden ten diese dagegen unter Winkeln von 30 Graden, indem die n in der einen Schicht nach der rechten und in der andern der linken Seite gewendet waren. Auf diese Art wurde die ele Richtung der Fugen vollständig vermieden. Hierüber la- ie erwähnten grofsen Steine. Sie bildeten Reihen in der Rich- les Ufers, und die einzelnen Steine waren so versetzt, dafs erfugen immer auf die Mitte der Steine in der nächsten Reihe . Diese Steindecke soll sich sehr gut und beinahe ohne Re- ır während der dreifsig Jahre, seitdem sie ausgeführt wurde, en haben.

päter versuchte Corman die Steine, welche beinahe dieselbe e hatten, so zu formen, dafs sie auf allen Seiten mit halber lung versehn waren. Dadurch wurde es freilich möglich, eine e Lage zu bilden, in welcher sich keine durchgreifende Fugen den. Dieser Versuch mifsglückte indessen, indem die vortre- n Backen bei ihrer geringen Stärke bald abbrachen. Am mei- haben die Steine aus der Ziegelei des Fabrikanten Terwindt ndung gefunden, die, wenn sie auch noch keiner so langen unterworfen sind, sich doch eben so gut, wie die ersten zu

halten scheinen. Sie liegen nur stumpf neben einander, sind 1[illegible] Zoll lang, 11½ Zoll breit und 7¾ Zoll stark, ihr cubischer Inhalt be-trägt daher etwas über drei Viertel Cubikfufs. Dafs diese sämmt-lichen Steine sehr hart gebrannt sein müssen, darf kaum erwähnt werden.

Man hat in den Niederlanden auch den Versuch gemacht, die Steindecke auf den Deichen nicht mit gleichmäfsiger Neigung ansteigen zu lassen, sondern sie vielmehr als hohle Cylinder-Flächen darzustellen. In dieser Art wurde im Jahre 1836 eine 37 Ruthen lange Deichstrecke auf der Insel Goeree befestigt. Fig. 32 zeigt das Profil derselben. Der Bogen ist mit dem Radius von 2 Ruthen be-schrieben. Der Untergrund, der aus Sand besteht, ist zunächst mit einer 15 Zoll hohen Lage Klai bedeckt. Hierüber sind zwei Lagen Klinker ausgebreitet, die sich in den Fugen überdecken, und auf diesen ruht das eigentliche Steinpflaster, welches aus Säulen-Basalten besteht, die sämmtlich gleiche Höhe haben und dicht schliefsend an einander gestellt sind. Die Höhe der Steine mifst 19 Zoll. Der Fufs dieses Werkes lehnt sich zunächst gegen einen Flechtzaun, und vor demselben befinden sich noch vier andre Zäune, die zugleich zur Befestigung einer Risberme dienen, die mit schweren Steinen be-deckt ist. Auch auf der obern Seite wird die Steinböschung durch eine Lage Faschinen eingeschlossen, worüber der unbefestigte Deich sich fortsetzt.

Storm Buysing*), der diesen Bau beschreibt, sagt nicht, ob der-selbe sich gut gehalten habe, indem er jedoch hinzufügt, dafs die Ausführung sehr mühsam und kostbar ist, weil man die gewöhnli-chen rohen Steine dazu nicht verwenden darf, so ist wohl anzuneh-men, dafs diese Construction nicht besondern Beifall gefunden hat. Er bemerkt dabei, dafs die Anordnung sich nur vor Festungsmauern empfehlen dürfte, die vom Wellenschlage getroffen werden, um welche man in ihrem Fufse sehr sicher decken und mit dem Vor-lande verbinden mufs, weil sonst starke und gefährliche Vertiefun-gen davor entstehn. Er schlägt daher vor, bei Vliessingen diese Deckungsart anzuwenden. Als Deichschutz scheint dieselbe dem-nach nicht zweckmäfsig gewählt zu sein. Das Ueberschlagen der Wellen kann sie nicht verhindern, weil sie theils nicht die vollen

*) Bouwkundige Leercursus. Breda, 1854. I. Pag. 648.

Deichhöhe erreicht, theils aber auch nicht in die vertikale Richtung übergeht, also das gegenschlagende Wasser, wenn die Richtung seiner Bewegung auch etwas verändert wird, dennoch den obern Theil des Deiches sehr stark trifft.

Bei Deckung des Aufsendeiches ohnfern der Kugel-Baake bei Cuxhaven hat man diese Anordnung insofern geändert, dafs die gekrümmte Steindossirung bis zur vollen Uferhöhe hinauf reicht, auch zugleich in die vertikale Richtung übergeht, und hier sollen vergleichungsweise gegen die frühere gleichmäfsig geneigte Böschung die Beschädigungen im anschliefsenden Terrain wesentlich vermindert sein.

Ganz im Gegensatze hiermit ist von andern Baumeistern, denen sich auch Woltman anschliefst, empfohlen worden, dem untern Theile der Steinböschung auf den Deichen eine stärkere Neigung, als dem oberen zu geben, also nicht eine concave, sondern eine convexe Cylinderfläche zu wählen. Auch dieses ist oft mit günstigem Erfolge zur Ausführung gekommen.

Die Anwendung des Strauches zur Sicherung der Deiche ist vorzugsweise nur üblich, wenn es sich darum handelt, starke Beschädigungen, die während eines Sturmes entstanden sind, schleunig soweit auszubessern, dafs während der nächsten Fluthen ein Durchbruch des Deiches nicht zu besorgen ist. Aufserdem benutzt man aber noch in eigenthümlicher Weise das Strauch, um bei heftigen Stürmen und beim Vorbeitreiben des Eises während des Winters den Rasen auf der äufsern Böschung zu schützen. Dieses geschieht mittelst Hürden oder solcher Tafeln aus Flechtwerk, die als leichte Einfriedigung zum Einstellen der Schafe während der Nacht auf den Weideplätzen vielfach benutzt werden. Jede dieser Hürden ist 6 bis 8 Fufs lang, und etwa 2 Fufs breit. Die Stöcke, welche mit dünnen Weidenruthen umflochten sind, liegen in der Längenrichtung der Hürde und sind etwa 2 Zoll von Mitte zu Mitte von einander entfernt. In den Provinzen Zeeland, Gelderland und Overijssel hält man grofse Vorräthe solcher Hürden in Bereitschaft, und bewahrt sie in eignen Schuppen neben den Deichen auf. Beim Eintritt der stürmischen Witterung, und gewöhnlich in der Mitte des Monats October werden sie auf die Dossirungen gelegt, so dafs sie mit der schmalen Seite die Steindecke am Fufse des Deiches berühren, sich daher in ihrer Länge nach der Krone hinaufziehn.

Man legt sie so, dafs sie sich etwa 2 Zoll überdecken, und befe
jede in der Mitte der drei freiliegenden Seiten mit eben so w
hölzernen Pflöcken, die etwas schräge in den Deich eingestc
werden. Der Pflock in der langen Seite greift daher durch 2 l
den hindurch. Wenn dagegen der Deich den Stürmen sehr ausges
ist, also starke Beschädigungen auch in gröfserer Höhe sich a
ereignen können, so wird eine zweite Reihe Hürden noch neben
erste gelegt, die also weiter aufwärts die Dossirung schützt. M
sieht im Spätherbste vielfach auf einige hundert Ruthen Länge
Deiche in dieser Weise bedeckt, doch geschieht dieses immer
an solchen Stellen, die einem besonders heftigen Wellenschlage a
gesetzt, auch in andrer Weise gefährdet sind, also namentlich w
die äufsern Böschungen steil ansteigen und nicht durch breites
hohes Vorland geschützt werden. Im ersten Frühjahre beseitigt
jedesmal diese Hürden, weil sie alsdann entbehrlich sind, auch
Rasen leiden würde, wenn er noch bedeckt bliebe, während
Gras schon zu wachsen anfängt.

Zuweilen wird auch eine gewöhnliche Strauchdecke über
Rasen zum Schutze desselben ausgebreitet, und namentlich gesc
dieses, wenn die Soden erst im Herbste verlegt werden kon
also noch nicht gehörig angewachsen und durch neue Wurzeln
dem Untergrunde verbunden sind. Wollte man indessen das St
unmittelbar auf den Rasen legen, so würde es aller Sorgfalt
achtet doch keine gleichmäfsige und dichte Decke bilden. Es
vielmehr zu besorgen, dafs das aufschlagende Wasser durch
zelne stärkere Zweige zurückgehalten würde, und um so hef
durch die Oeffnungen, die sich daneben befinden, eindringen,
dadurch den Deich noch stärker beschädigen könnte. Man
daher eine besondere und besser schliefsende Unterlage bilden
unmittelbar auf dem Rasen ruht. Hierzu wählt man Haidekr
oder noch häufiger Stroh.

In den Niederlanden werden solche Deckungen häufig sehr s
fältig ausgeführt. Zunächst breitet man das feine Material in
dünnen Lage aus, die den Rasen vollständig überdeckt. Hi
folgt eine Lage Rohr, die etwa 2 Zoll stark ist, und in welchei
Halme parallel zum Deiche gerichtet sind. Sollte die Böschun
steil sein, dafs das Rohr nicht sicher liegt, und auf dem Stroh
abgleitet, was besonders bei heftigem Landwinde zu besorgen

befestigt man es vorläufig durch leicht eingestofsne hölzerne ...cke, die später wieder entfernt werden. Die dauernde Haltung ... dem Rohre durch die Strauchdecke gegeben. Diese erhält eine ...ke von 5 Zoll, und die sämmtlichen Reiser in ihr sind normal ... das Ufer gerichtet. Man beginnt die Bespreutung am obern ...e der Stroh- und Rohrdecke und legt die ersten Reiser so, dafs ... mit ihren Stammenden noch etwa einen Fufs weit über die Un...lage vorragen. Auch die zweite Reihe Strauch wird noch mit ... Stammenden nach oben gekehrt, bei der dritten wechselt man ...er, und bei dieser, wie bei allen folgenden liegen die Stammen...n abwärts. Die einzelnen Reihen greifen jedesmal etwa 1 Fufs ...it übereinander, nur oben und unten wählt man etwas geringere ...bsätze, damit die Dicke der ganzen Lage etwas gleichmäfsiger ...rd. Zur Befestigung des Strauches dienen endlich Zäune von ...a 6 Zoll Höhe, die wieder nach der Länge des Deiches gezogen ...d. Diese bestehn, wie in Holland üblich, aus sehr sorgfältig aus...ührtem Flechtwerke. Oft ist jeder vierte Zaunpfahl am Kopfe ... einem Vorstecknagel versehn, und wird, nachdem er beflochten ... scharf angetrieben, so dafs die Nägel auf die Flechtruthen und ...e wieder auf das Strauch drücken. Die Spannung, in welche ... durch die gesammte Decke versetzt wird, pflegt aber nicht lange ...and zu haben, und namentlich wenn die Wellen längere Zeit ...lurch aufgeschlagen sind, so geben die einzelnen Halme und ...er etwas nach oder lagern sich etwas dichter in einander. Man ...s alsdann die Zaunpfähle von Neuem nachtreiben, wodurch die ...ke für den ganzen Winter hinreichend gesichert zu sein pflegt. ...e Zäune stehn sehr nahe neben einander, und um so näher, je ...er die Dossirung, oder je mehr diese in andrer Beziehung ge...det ist. In manchen Fällen bleibt zwischen den Zäunen fast kein freier Raum, gemeinhin sind sie jedoch 9 bis 13 Zoll von ...nder entfernt. Unter besonders ungünstigen Umständen packt man ...n wohl Steine zwischen die Zäune, oder wie noch häufiger geschieht, ... man in Abständen von 2 bis 3 Fufs starke Stangen quer über ... sämmtlichen Zäune, und befestigt diese dadurch, dafs in gerin... Entfernungen von der einen und der andern Seite Pfähle schräge ...len Deich eingetrieben werden. Diese verhindern ein Aufheben ... Stangen und sonach der ganzen Bedeckung.

Eine andre eigenthümliche Methode zum zeitweisen Schutze des

Deiches wurde vor 40 Jahren im Oldenburgischen versucht und den ersten Erfahrungen auch vortheilhaft befunden. Man hatte lich bemerkt, dafs die Beschädigungen der Deiche immer in bestimmten Höhe, nämlich wenig über der gewöhnlichen Flut ren Anfang nahmen, und sich von hier aus weiter verbreit Hiernach lag die Idee sehr nahe, auf diese Stelle die mögli Sorgfalt zu verwenden und einen recht kräftigen Schutz hier d stellen. Den ersten Versuch in dieser Beziehung machte ma dem Kade-Deiche, in dessen Schutz der neue Hauptdeich vor Wapeler Groden ausgeführt wurde. Dieser Deich war sehr dossirt, und da er nur während eines Sommers erhalten we durfte, mit keiner Rasenbekleidung versehn. Nachdem er wi holentlich starke Beschädigungen erlitten hatte, so versah man in der bezeichneten Höhe mit einer einzelnen Reihe Rasen, seitdem dieses geschehn, hörten die Beschädigungen auf. D diesen Erfolg ermuthigt, liefs Burmester, der damals dem Wa bau im Oldenburgischen vorstand, auch diejenigen Hauptdeich der Jade, die besonders starken Angriffen ausgesetzt waren, in ihrer ganzen Dossirung, sondern nur in der bezeichneten H mit einem kräftigen Schutze versehn. Es wurden der Länge zwei Gänge Dielen ausgelegt, die zwischen sich einen Raum etwa 6 Zoll Breite frei liefsen. Quer über dieselben breitete Strauch aus, und auf dieses legte man einen dritten Gang, der rallel zu den untern den Zwischenraum derselben überdeckte. letzte Gang war an beiden Enden jeder Diele und aufserden Abständen von etwa 10 Fufs, mit Löchern von 5 bis 6 Zoll W versehn. Durch diese Löcher wurden kleine eichene Pfähle durchgetrieben, die nahe unter ihren Köpfen durchlocht und starken hölzernen Pflöcken versehn waren. Letztere drückten gen die Dielen des obern Ganges und verhinderten sonach Aufschwimmen der ganzen Packung, während die Pfähle selbst Verschieben wo nicht verhinderten, doch sehr erschwerten. Deckungsart zeigte sich Anfangs als sehr erfolgreich, nichts weniger ist man, durch spätere Erfahrungen belehrt, davon wi abgegangen.

Zum Schutze derjenigen Deiche, die nicht nur das Vorl sondern auch die äufsere Dossirung verloren haben, wendete man auf der westlichen Seite des Süder-Sees vielfach hohe Pac

Gras an, die bei ihrer grofsen Breite eine Art von Futter-
ildeten, gegen welche sich die Erde des Deiches ohne alle
ıg lehnte. Diese Packung war auf der äufsern Seite eben
g, wie auf der innern mit einer Böschung versehn, bei ih-
nigen Zusammenhange und ihrer grofsen Elasticität wider-
ie aber ohne merkliche Beschädigung selbst dem heftigsten
schlage, und wenn der Sturm auch grofse Massen des frisch
rachten Grases forttrieb und zum Theil sehr weit in das
rehte, so war die Ergänzung desselben doch mit so wenig Ko-
nd Mühe verbunden, dafs die Unterhaltung dieser eigenthüm-
Deiche vergleichungsweise gegen andre Arten des Deich-
es sich keineswegs als kostbar herausstellte. Diese Deiche
den bereits seit Jahrhunderten, doch erforderten sie fortwäh-
Aufmerksamkeit und boten nicht diejenige Sicherheit, welche
iedrige Lage Nordhollands dringend forderte, woher man sie
eerer Zeit nach und nach beseitigt, und dafür gehörig profi-
Erddeiche mit Steindecken vor dem Fufse eingeführt hat.

Das Gras, das hierbei benutzt wurde, wächst unter Wasser auf
Sandbänken, die bei der Ebbe nicht trocken werden, jedoch auch
nicht tief darunter liegen. Namentlich findet es sich neben der
el Wieringen in grofsen Massen, indem es, wie eine dichtbewach-
ne Wiese ausgedehnte Flächen überzieht. In der Umgegend nennt
man es Wier-Gras, es ist der Wasserriemen (Zostera marina).
Ende Juni wird dieses Gras gemäht, und in Böten ans Ufer ge-
bracht. später löst sich der Stengel aber von selbst von der Wur-
l, oder wie die Anwohner meinen, wird er von Wasservögeln
gebissen. Das Gras treibt alsdann bei Fluth und Ebbe in einer
nd der andern Richtung in grofser Menge vor dem Ufer vorbei.
m es aufzufangen, wendet man ein sehr einfaches Mittel an, man
festigt nämlich gewöhnliche Leitern in der Art vor dem Ufer, dafs
re Sprossen senkrecht stehn, und indem sie auf dem Wasser
schwimmen, werden ihre äufseren Enden durch zwei Leinen gehal-
n, so dafs sie weder bei der einen Strömung, noch bei der an-
ern aus der normalen Richtung gegen das Ufer entfernt werden
können. Diese Leitern fangen das vorbeitreibende Gras auf und
zwar in solcher Masse, dafs oft in einer Fluth oder Ebbe ein gan-
s Fuder an eine Leiter lehnt. Ehe die Strömung aufhört und
umsetzt, wird mittelst langer Rechen der Fang auf das Ufer ge-

zogen, und bald darauf auf die Deiche gebracht. Man mufs es
in kurzer Zeit verwenden, weil es in dem nassen Zustande
besser lagert, als wenn es vorher ausgetrocknet wäre.

Durchschnittlich wird in jedem Jahre eine Schüttung von 1
bis 2 Fufs Stärke auf den Deich gebracht, ein kleiner Theil
fliegt zwar fort, oder wird auch vom Wasser weggespült, das
bleibt aber liegen. Man darf jedoch nicht voraussetzen, dafs
dieser sehr bedeutenden jährlichen Aufschüttung der Deich fort
rend höher wird, die neue Lage wird vielmehr, wenn sie durch
dre überdeckt, und vollständig ausgetrocknet ist, überaus dü
und die einzelnen Blättchen sind alsdann viel dünner als das fei
Briefpapier. Sie bleichen dabei vollständig aus, und wenn man
starkem Winde in der Nähe eines solchen Deiches sich befindet,
sieht man die feinen Stückchen wie Schneeflocken umherflie
An der Seeseite treten alle Lagen hervor, sie sind unregelmä
abgebrochen, und jede einzelne hat fast das Ansehn, als wenn
Stück Pappe durchrissen wäre. Nur selten sieht man aber ei
Lage, die mehr, als einen halben Zoll dick geblieben wäre.

Fig. 31 *a* und *b* zeigt einen Wierdeich in der Nähe von
denblick. Die Grasschüttung oder der Wierriemen ist et
10 Fufs breit, und erhebt sich einige Fufs hoch über die Krone d
Erddeiches. Dieses ist in sofern nothwendig, als der obere Th
gar keine Consistenz hat. Am Fufse ist er jedesmal durch ei
Steinschüttung geschützt, die auf einer Faschinenpackung ruht u
die eigentliche Uferdeckung bildet. Dazwischen sieht man geme
hin eine grofse Anzahl abgebrochener Pfahlköpfe, und einzel
Pfähle werden in Abständen von 8 bis 12 Fufs vor dem Deic
immer unterhalten, damit der Riemen auf der Seeseite einigerma
fsen eine Stütze hat, und die Aufschüttungen regelmäfsig erfolg
können. An manchen Deichen dieser Art fehlt indessen diese Pfa
reihe, und die Wand steht ganz frei. Die Erdschüttung mufs si
jedenfalls scharf dagegen lehnen, und damit nicht etwa das Wass
in die Fuge zwischen beiden sich einziehn und eine Trennung ve
anlassen kann, so pflegt man dem nächsten Theile der Krone ei
starke Neigung zu geben, wodurch das Wasser landwärts geleit
wird. Endlich ist noch zu erwähnen, dafs bei diesen Deiche
die Erdschüttungen jedesmal ungewöhnlich breite Kronen habe

d hierdurch ohnerachtet der fehlenden äufsern Dossirungen doch ke Profile sich bilden.

Zuweilen werden Deiche, denen das Vorland ganz fehlt, vor m Fufse ihrer äufseren Böschungen durch dichte Holzwände schützt, die alsdann auch zugleich zur Uferbefestigung dienen. e Wellenbewegung hinter ihnen ist, selbst wenn sie bei hohen then ganz unter Wasser stehn, doch sehr gemäfsigt, woher auf se Weise starken Beschädigungen des Deiches sicher vorgebeugt rd. Es soll auch nicht leicht vorkommen, dafs diese Wände, wenn e nur einigermaafsen noch haltbar sind, ganz oder theilweise vom ellenschlage zerstört werden. Vorzugsweise hängt ihre Dauer von ab, ob der Seewurm an den Ufern, wo man sie erbaut, sich rfindet oder nicht. Im ersten Falle mufs man von der Anwenng des Holzes ganz Abstand nehmen, oder dasselbe nur unter m gewöhnlichen niedrigen Wasser, also zur Befestigung von Steinhüttungen benutzen.

Demnächst leiden diese Wände auch vom Eise, und namentlich, enn solches noch in gröfsern Schollen vorbeitreibt und vom Winde gegen gedrängt und zugleich durch die Wellen auf- und abbewegt ird. Endlich übt die abwechselnde Benetzung und Austrocknung eichfalls ihre zerstörende Wirkung auf sie aus, doch ist diese keiswegs so grofs, wie bei gewöhnlichen Bohlwerken, weil die Fäulfs nicht durch die Berührung mit vegetabilischen Stoffen befördert ird, auch die abwechselnde Benetzung durch Seewasser viel weger nachtheilig ist. In Gegenden, wo der Seewurm sich gar nicht ler doch nur selten vorfindet, nimmt man in den Niederlanden ne dreifsigjährige Dauer für diese Wände an, und wenn sie der nwirkung des Eises entzogen sind, sogar eine funfzigjährige. Auf r Insel Wieringen findet man aber Wände, die bereits 60 Jahre t sind, und noch für hinreichend haltbar erachtet werden.

Fig. 33 zeigt einen solchen Bau, der vor den am meisten berohten Stellen der Deiche auf der westlichen Küste der Provinz riesland ausgeführt ist. Vor der Holzwand liegt eine sehr solide ferdeckung, die nahe 5 Fufs über das gewöhnliche Hochwasser steigt, und die Wand selbst erhebt sich 12 Fufs über letzteres. Auf der hintern Seite lehnt sie sich zunächst an eine niedrigere Wand n, die eben so, wie sie selbst, aus starken Bohlen besteht. Indem

beide aber gegenseitig ihre Fugen überdecken, so bilden sie :
men eine Stülpwand, wie solche bei uns vielfach bei Fundi
statt der Spundwände benutzt werden. Sowol die vordere, ı
hintere Bohlenreihe wird durch eine starke Zange unterstüt
an jeden einzelnen Bohlenkopf genagelt ist.

Auf der innern Seite, und zwar im Abstande von 2 Fu
findet sich eine andre ähnliche, jedoch nur einfache Wand, ur
Zwischenraum zwischen beiden ist mit Ziegelstücken gefüll
mit grofsen Steinen überdeckt.

Die Figuren 34 und 35 zeigen die zum Schutze der Deic
der Insel Schokland im Süder-See dienenden Ufereinfassunge
der Ostseite und überhaupt an denjenigen Ufern, wo der W
schlag mäfsiger ist, hat man die einfachere Construction Fig. :
wählt, auf der westlichen Seite dagegen, die einem viel stä
Angriff ausgesetzt ist, die in Fig. 35 dargestellte. Die dichte
wand wird bei beiden in Abständen von etwas über 6 Fuſs
Anker gestützt, die jedesmal an zwei oder drei Ankerpfähle g
sind, und deren Köpfe sowol auf die Zange hinter der Pfal
eingekämmt und durch Bolzen daran befestigt werden, als si
mit schwalbenschwanz-förmiger Verkämmung zwischen die
köpfe greifen. Die Hinterfüllung besteht aus Ziegeln, die au
Unterlage von Strauch ruhen und mit gröfsern Feldsteinen
deckt sind. Aufserdem ist bei der Fig. 35 dargestellten Co
tion die Steinschüttung auch noch auf der innern Seite durc
Holzwand eingeschlossen. In beiden Fällen vertreten diese
wände zugleich die Stelle der Uferdeckung, und man hat ihre
nicht gesichert, weil die Schiffahrt eine bedeutende Tiefe dav
dert. Nicht nur der Verkehr mit der Insel veranlafst ein h
Anlegen der Schiffe an diese Ufer, sondern dieses geschieh
vielfach, wenn ein starker Sturm eintritt, und die auf der Süd
befindlichen Fahrzeuge wegen der Untiefen, welche die Fahr
beengen, verhindert werden unter Segel zu bleiben. Sie w
alsdann, wenn es irgend geschehn kann, nach der Insel Sch
gesteuert und ankern entweder in deren Schutz, oder wenn ih
gang nicht grofs ist, so legen sie auf der Leeseite auch unmi
an das Ufer an.

Diese Holzwände auf Schokland werden in neuerer Z
sofern bedroht, als der Seewurm sich jetzt darin viel häufig

zeigt. Nichts desto weniger wird die Gefahr noch nicht für
iend grofs erachtet, um von dieser Construction abzugehn.
it nur die Aenderung eingeführt, dafs man statt des Kiefern-
gegenwärtig meist Eichenholz benutzt.
isher war nur von den Schutzmitteln die Rede, die man an-
t, um Beschädigungen der Deiche zu verhindern. Sind solche
i eingetreten, so ist die Art ihrer Wiederherstellung we-
h verschieden, je nachdem die Arbeit mit Mufse und voll-
g vorgenommen werden kann, oder vielleicht bei der nächsten
schon eine augenscheinliche Gefahr eintritt, wenn die weitere
hnung der Zerstörung nicht verhindert wird. In Betreff des
i Falles ist wenig zu erinnern, da die Methoden der Wieder-
llung mit denen des Neubaues sehr nahe übereinstimmen.
ei wäre nur darauf aufmerksam zu machen, dafs die Erhal-
des Rasens auf den Dossirungen eine besondere Vorsicht
lert. Es ist freilich nicht zu vermeiden, dafs man auch klei-
Stellen mit neuem Rasen belegen mufs, wenn derselbe voll-
ig abgestofsen ist, indem jedoch dabei eine innige Verbindung
nach Jahren eintritt, so mufs man bei Reparaturen den gut
wachsenen Rasen möglichst schonen. Hieher gehört namentlich
'all, dafs an einzelnen Stellen in der Dossirung Versackungen
zeigen. Dieselben erscheinen Anfangs wenig erheblich und so-
ohne alle Bedeutung, aber wenn sie auch nur geringe sind, so
brechen sie doch die Gleichmäfsigkeit und veranlassen, dafs
Wellenschlag auf einzelne kleine Flächen einen verstärkten
iff ausübt. Der obere Theil einer solchen eingesunkenen Stelle
it eine steilere Neigung an, als er früher hatte, und hierdurch
nicht nur die Vegetation daselbst erschwert, sondern gerade
erfolgt auch beim Auflaufen der Wellen ein heftigerer Stofs.
e Umstände wirken auf die Vergröfserung der Unregelmäfsig-
hin, und nach einigen Jahren ist der Rasen, wenn auch keine
tige Zufälligkeiten den Schaden weiter ausgedehnt haben, doch
iangelhaft, dafs man ihn vollständig erneuen und die entstan-
: Vertiefung, ehe man neue Soden darüber legt, mit Erde an-
n mufs. Dieses läfst sich vermeiden, wenn man gleich Anfangs
die Beseitigung der noch geringen Versackung hinwirkt. So-
l diese nämlich nur noch wenige Zolle tief ist, so bringt man
ersten Frühjahre oder im Anfange des Sommers, also in Zeiten,

wenn das Gras stark treibt, dünne Lagen recht fruchtbarer Er[illegible] auf, die jedoch nicht zu fest angestampft sein müssen. Durch di[illegible] wächst der Rasen hindurch, und indem die Pflanzen im frisch[illegible] Boden Wurzeln schlagen, so erhöht sich der Rasen. Wenn a[illegible] die Vertiefung hierdurch noch nicht ausgefüllt sein sollte, so wi[illegible] dasselbe Verfahren bei nächster Gelegenheit wiederholt, bis die D[illegible] sirung vollkommen regelmäfsig wieder hergestellt ist. Auf die[illegible] Art umgeht man das Umlegen des Rasens, und wenn vielleicht b[illegible] einem Sturme die frisch angeschüttete Erde auch fortgespült werd[illegible] sollte, so ist dieser Schaden nicht von Bedeutung und mit kein[illegible] Gefahr verbunden. In Holland ist ein solches Verfahren nicht un[illegible] gewöhnlich, dadurch ist es aber allein möglich, die Regelmäfsigkeit der Dossirungen zu erhalten, die vergleichungsweise mit andern Deichen oft überraschend grofs ist, und zu ihrem Schutze wesentlich beiträgt.

Wenn dagegen starke Sackungen eingetreten sind, und entweder der Rasen sich schon löst und abstirbt, oder die Deichkrone erhöht werden mufs, alsdann wird man sich dazu entschliefsen, den Deich abzuschälen und mit Erde zu beschütten. Es darf kaum erwähnt werden, dafs man auf die innige Verbindung der neuen Erde mit der alten möglichst sehn, und zu diesem Zwecke die Dossirungen nicht nur auflockern, sondern selbst abtreppen mufs. Andrerseits ist es aber auch nothwendig, die Aufschüttung so weit abwärts fortzusetzen, dafs eine hinreichend flache Böschung entsteht. Bis zum Fufse der äufsern Böschung geht man selten herab, um nicht die ganze Grasnarbe erneuen zu dürfen, wenn aber eine ansehnliche Erhöhung der Krone nothwendig ist, so ist es oft vortheilhafter, die äufsere Böschung ganz unberührt zu lassen und die der Erhöhung entsprechende Verstärkung nur an der innern Seite anzubringen.

Ist der Rasen stark beschädigt, und seine baldige Wiederherstellung nothwendig, so kann das Belegen mit neuen Soden nur vorgenommen werden, wenn die Jahreszeit hierzu günstig ist. Andernfalls mufs man durch gewisse vorläufige Schutzmittel den Deich gegen weitere Zerstörung sichern. Vorzugsweise eignet sich hierzu die Stroh-Bestickung, doch erfordert dieselbe, wenn grofse Stellen zu decken sind, mehr Zeit, als bis zum Eintritt der nächsten Fluth geboten ist. Auch bemerkt man vielleicht erst bei

nden Wasser die eingetretene Beschädigung, und sonach ge-
t die kurze Zwischenzeit noch nicht, um das Material herbeizu-
ffen. In diesem Falle ist das Ueberspannen von Segeln
nders üblich. An den Deichen in Friesland und Overijssel hält
n zu diesem Zwecke stets Segel in Bereitschaft, die über die
lten Stellen gelegt, mit Pflöcken befestigt und am untern Ende
ch angebundene Steine gehalten werden. Man kann hiervon je-
h nur Gebrauch machen, wenn es sich um die Sicherung des
chädigten Rasens handelt. War der Deich schon früher zur
sorge mit Strauch bedeckt, das theilweise fortgerissen ist, so legt
h das Segel nicht so dicht schliefsend an, dafs es das fernere Aus-
len der Erde verhindern könnte, auch wird es vom Strauch und
n Zaunpfählen in Kurzem so zerrissen, dafs es keinen Schutz
währt.

In diesem Falle, oder wenn die Segel nicht schnell genug zu
schaffen sind, werden die Einrisse gemeinhin mit Strauch aus-
deckt. Dieses mufs auch geschehn, wenn tiefe Löcher sich bereits
bildet haben. Das Verfahren dabei stimmt, soweit die kurze Zwi-
henzeit dieses gestattet, mit dem vorhin beschriebenen überein.
s kommt hierbei zwar nicht mehr auf die Schonung des Rasens
n, weil derselbe bereits fortgeschlagen ist, aber um einigermaafsen
ie Regelmäfsigkeit der Böschung wieder herzustellen, werden die
efen Einrisse zunächst mit Erde gefüllt, und solche bedarf einer
ichteren Decke, als durch blofses Strauch dargestellt werden kann.
ie Unterlage von Stroh oder Rohr ist daher auch in diesem Falle
nentbehrlich. Man beginnt die Ausführung der Decke immer in
er gröfsten Tiefe, weil der höher belegene Theil noch während der
luth gemacht werden kann. Die ganze Arbeit, wenn auch we-
entlich dieselbe, fällt indessen viel roher und unregelmäfsiger aus,
weil es an der nöthigen Zeit gebricht. Aus demselben Grunde kann
man auch bei der ersten Instandsetzung nur wenige Zäune beflech-
ten, die jedoch während des nächsten kleinen Wassers vervollstän-
digt werden müssen.

Ist eine Kappstürzung eingetreten, also stellenweise ein
Theil der Krone versunken, so läfst sich die Dossirung in der kur-
zen Zwischenzeit bis zum nächsten Hochwasser nicht wieder her-
stellen, aber dringend nöthig ist es, die Krone vor dem gänzlichen
Durchbruche zu sichern. Dieses geschieht, indem sogleich eine

Pfahlreihe in der Richtung der äufsern Kante der Krone durch den Bruch hindurchgerammt wird. Man verkleidet dieselbe, sobald das Wasser fällt, auf der innern Seite mit Bohlen, und stellt überhaupt ein gewöhnliches Bohlwerk her, das mit Ankern versehn wird, die an Pfähle auf der innern Dossirung gebolzt sind. Gegen das Bohlwerk, das bei der Ausführung wenig dicht zu sein pflegt, packt man lieber Stroh und Mist und selbst Faschinen, als lose Erde, doch muss man eine starke Lage der letztern aufbringen, um die ganze Masse gehörig zu comprimiren. Aufserdem ist es noch nothwendig, den Fufs des Bohlwerkes auf der äufsern Seite durch eine Risberme oder durch Packwerk zu schützen.

Bemerkt man, dafs am Fufse des Deiches eine grofse Vertiefung eingetreten ist, so genügt die Zwischenzeit gemeinhin nicht, um durch eine Bohlwand die Dossirung zu sichern, auch läfst sich eine solche nicht dichten, da der tiefe Kolk selbst bei der Ebbe mit Wasser gefüllt bleibt. In diesem Falle ist die Ausführung von Packwerken oder Senkstücken das Einzige, was man thun kann.

Wenn endlich die Gefahr so grofs ist, dafs die Erhaltung des Deiches nicht mit Sicherheit erwartet werden kann, so bemüht man sich nur, die Ausdehnung der bevorstehenden Ueberschwemmung möglichst zu beschränken. In vielen Fällen liegen hinter den Hauptdeichen noch ältere, oder sogenannte Schlafdeiche, die man zu diesem Zwecke zu erhalten pflegt. Wenn man auch auf ihre Instandhaltung wenig Sorge verwendet, so pflegt man sie doch nicht abzutragen. Sobald aber der Hauptdeich zu durchbrechen droht, so werden sie schleunigst durch Ausfüllung der Durchfahrten und Gräben, und wo es nöthig ist, noch durch Aufkadung so erhöht, dafs sie das Wasser abhalten können. Dieses gelingt auch meist, in sofern sie wegen des weiten Vorlandes vor dem Wellenschlage geschützt sind, und nur ruhiges Wasser vor ihnen steht.

§. 17.
Schliefsung der Deichbrüche.

Wenn ein Seedeich gebrochen ist, so füllt sich nicht nur der dahinter liegende Polder bis zu derjenigen Höhe mit Wasser an, zu

der die Fluth auf der Aufsenseite ansteigt, sondern nachdem die letztere aufgehört, und die Ebbe begonnen hat, so strömt das eingetretene Wasser wieder aus, und in der nächsten Fluth und Ebbe erfolgt aufs Neue dasselbe Aus- und Einströmen. Wie sehr das früher eingedeichte Land, namentlich in der Nähe des Bruches hierdurch verwüstet und zugleich der tiefe Einrifs im Boden, den die Strömung verfolgt, oder der Kolk vergröfsert und vertieft wird, leuchtet von selbst ein. Die Zerstörungen wiederholen sich nicht nur fortwährend, sondern die jedesmaligen Beschädigungen werden in demselben Maafse gröfser, wie tiefere und weitere Schläuche sich ausgebildet haben, in denen das Wasser mit gröfserer Leichtigkeit hin und her fliefsen kann. Es ist daher dringend geboten, den Deich möglichst bald wieder herzustellen, oder den Bruch zu schliefsen. Die Schwierigkeiten, denen man dabei begegnet, sind aber ohne Vergleich viel gröfser, als bei Deichbrüchen an oberländischen Strömen. Neben diesen werden die Polder, wenn sie sich nicht etwa in grofser Länge zur Seite der Flüsse hinziehn, und also einer anhaltenden Durchströmung ausgesetzt sind, nur einmal mit Wasser gefüllt, das freilich zurückfliefst, sobald der äufsere Wasserstand sich senkt, man hat aber alsdann bis zu dem zu erwartenden nächsten Hochwasser während des Sommers und Herbstes hinreichend Zeit, den Deich vollständig wieder herzustellen. Bei Seedeichen beschränkt sich dagegen die Zwischenzeit auf wenige Stunden, und oft wird die Durchströmung des Bruches gar nicht unterbrochen, indem der hart eingehende Strom plötzlich in einen eben so heftigen ausgehenden umsetzt, und diese Bewegungen dauern auch während der ganzen Zeit fort, in welcher der Deich geschlossen wird. Es ergiebt sich hieraus, dafs man zu ganz andern Mitteln greifen mufs, als wenn es sich nur um die Wiederherstellung eines oberländischen Deiches handelt. Glücklicher Weise sind an der Deutschen Nordsee-Küste die Deiche meist so günstig situirt, dafs Brüche in denselben nur selten vorkommen, nichts desto weniger darf dieser Fall hier doch nicht mit Stillschweigen übergangen werden. In den Niederlanden, wo solche Unglücksfälle sich viel häufiger wiederholen, hat man über die Erfolge der verschiedenen Methoden, die alsdann zur Anwendung kommen, vielfache Erfahrungen gesammelt, und es erscheint daher angemessen, diese mitzutheilen.

Nach einem erfolgten Durchbruche kommt zunächst die Wahl

der Deichlinie oder die Frage in Betracht, ob der
aufserhalb oder innerhalb des Kolkes ausgeführt, oder viel
den letzteren hindurch geschüttet werden soll. Geht n
äufsern Seite herum, so ist eine Aufschlickung des Kol
lich, derselbe behält also beständig seine Tiefe und bleil
ser gefüllt. Wenn man ihn nicht etwa später zuschütte
Fläche, die er einnimmt, für immer der Benutzung en
dieser Beziehung ist es vortheilhafter, den Deich auf de
um den Kolk zu legen. Ein tiefer Kolk an der Binner
dert in hohem Grade das Durchquellen des Wassers, v
grofse Tiefe an der äufsern Seite den Wellenschlag und d
liche Wirkungen verstärkt. Eine ganz besondere Aufı
ist aber noch in andrer Beziehung auf den Wellenschl
ten. Vortretende Deichecken sind solchem vorzugsweis
und aus diesem Grunde oft kaum zu erhalten, wogeg
gende Ecken bei gegenstehenden Winden eben so nach
weil die Wellen, wenn sie zwischen den beiderseitigen l
in eine trichterförmig verengte Bucht einlaufen, sehr b
Höhe zunehmen, und daher theils eine entsprechende
theils auch eine gröfsere Verstärkung dieses neuen D
wendig machen. Aus diesen Gründen geschieht es bei
viel häufiger, als im Binnenlande, dafs man die frühere
behält und durch den tiefen Kolk hindurchgeht. Nur we
stände besonders günstig sind, und ein hohes Vorland d
Schutz gewährt, führt man den neuen Deich auf der i
des Kolkes herum, und wenn letzterer verlandet ist, se
die frühere günstigere Linie wieder her. Auch sonst
man sich zuweilen wegen der geringeren Kosten oder um
des Deiches möglichst bald darzustellen, zu einem der be
Auswege und legt den neuen Deich vor oder hinter de

Wenn der Durchbruch nicht sowol durch Wellen
Zerstörung der äufsern Dossirung, als vielmehr durch
mung oder durch Quellungen veranlafst ist, so geschieh
dafs der äufsere Fufs des Deiches noch erhalten
vortretende Rand desselben nur wenig unter dem g
Hochwasser liegt. In diesem Falle ist die Wiederherst
schwierig und man pflegt alsdann sogleich auf diese
Rande durch Aufkarren von Erde einen kleinen Kad

dessen Krone bis über die gewöhnlichen Springfluthen
ıt. Derselbe wird nur schwach profilirt, da er nur kurze
irksamkeit bleiben soll, man bedeckt ihn auch nicht mit
ıdern sichert ihn nur auswärts durch Strauch, unter dem,
s erwähnt, eine Lage Stroh oder dergleichen ausgebreitet
hutze desselben kann nunmehr sogleich die Erdanschüttung
welche den spätern Deich bilden soll, der in solchem
nahe die Richtung des älteren wieder einnimmt.
ı die Beischaffung der hierzu erforderlichen Erde oft grofse
ceiten macht, so ist es in vielen Fällen vortheilhaft, statt
ossirungen versehenen kleinen Erddeiche schwache Fan-
zu erbauen. Leichte Pfähle werden etwa in 3 Fufs Ab-
einander eingestofsen, an den äufsern Seiten mit Gurtun-
ın und diese durch aufgekämmte Zangen gegenseitig ver-
m das Ausweichen zu verhindern. An den innern Seiten
sdann Bohlen gegen die Pfähle gelehnt und der Zwischen-
l am besten mit guter Thonerde, oder wenn solche nicht
ffen ist, mit Mist oder andern feinen und schweren Stoffen

ılben Mittel kann man auch anwenden, wenn ein hohes
noch vor dem Durchbruche liegt, in welchem sich keine
.e gebildet hat, die bei Fluth und Ebbe einen starken
fnimmt. Man hat alsdann während des niedrigen Wassers
ıde Zeit, um einen grofsen Theil des Abschlusses darzu-
.d das jedesmalige Ende desselben hinreichend zu sichern.
ɔer vielleicht auch tiefere Einrisse vorkommen, die jedoch
ammenhängende Rinne darstellen, also nicht stark durch-
erden, so lassen sich solche mittelst der beschriebenen
ıme gleichfalls durchbauen, wenn diese statt der Bohlen
:en Stülpwänden versehn werden und ihre Breite der grö-
ɔhe entspricht.
es Verfahren ist jedoch nur von Erfolg, wenn in der Deich-
st oder im Vorlande ein so hoher Rücken liegt, dafs die
ımung erst gegen das Ende der Fluth beginnt und alsdann
ıe besondere Stärke annimmt, vielmehr nur in einem sanf-
und Ausfliefsen des Wassers besteht. Wenn dagegen der
ich sehr niedrig, oder nur von geringer Breite, oder viel-
r nicht vorhanden war, so pflegt der Deich beim Durch-

bruche *vollständig zerstört* zu werden, indem alsdann eine tiefe Rinne von der Seeseite aus bis zum Binnenlande sich bildet. In dieser tritt bei jeder Fluth und Ebbe eine sehr heftige Strömung ein, welche die Erde, die man etwa zur Darstellung des erwähnten kleinen Deiches hineinschütten wollte, sogleich mit sich reifsen würde. Auch jene Fangedämme haben darin keinen Bestand, wenn man solche noch ausführen könnte. Man mufs alsdann zunächst sich bemühen, *die starke Strömung*, die abwechselnd in der einen und der andern Richtung eintritt, *zu mäfsigen*. Dieses geschieht in verschiedener Weise.

Zuweilen genügt hierzu eine Zurücklegung des neuen Deiches, der jedoch alsdann soweit von dem Bruche sich entfernen mufs, bis man eine Stelle erreicht, wo das einstürzende Wasser bereits seine Geschwindigkeit verloren hat. Andrerseits schwächt man den Strom in dem Bruche auch dadurch, dafs man den letzteren künstlich noch erweitert oder die Enden des Deiches abgräbt und hierdurch ein weiteres Durchflufs-Profil bildet. So lange die Oeffnung nämlich sehr klein bleibt, so tritt das ungünstige Verhältnifs ein, dafs gar keine Ausgleichung zwischen dem innern und äufsern Wasserstande erfolgt, also die Strömung niemals sich schwächt oder einige Zeit hindurch ganz aufhört. Während das Wasser auf der Seeseite seine gröfste Höhe erreicht, ist es im Binnenlande noch bedeutend niedriger, die Einströmung dauert also im Anfange der Ebbe noch fort, und beide Wasserstände kommen erst später in dasselbe Niveau, also zu einer Zeit, wo das äufsere Wasser schon sehr stark abfällt, wie sich dieses aus der Form der Fluthwellen ergiebt. Die Folge hiervon ist, dafs nur ein momentaner Stillstand eintritt, und die noch kräftige Einströmung plötzlich in eine sehr starke Ausströmung umsetzt. Auch beim niedrigen Wasser geschieht dasselbe. Der Polder ist noch stark angefüllt, wenn die Ebbe aufhört, er entleert sich daher noch während der ersten Zeit der Fluth, und nur wenn letztere schon sehr stark ansteigt, hört die Ausströmung auf und geht unmittelbar in die Einströmung über. Diese Uebelstände lassen sich vermeiden und man kann sowol beim Hochwasser, als beim Niedrigwasser für kurze Zeit den Strom unterbrechen und mäfsigen, wenn man die Verbindungs-Oeffnung so weit macht, dafs das Binnenwasser übereinstimmend mit dem äufsern steigt und sinkt. Man sieht sich zu diesem eigenthümlichen Verfahren zuweilen schon da-

sch gezwungen, dafs man bei dem ununterbrochenen heftigen
rome gar nicht im Stande ist, die nöthigen Tiefenmessungen vor-
nehmen, und sonach die Ausdehnung der Zerstörung, die besei-
gt werden soll, gar nicht ermittelt werden kann.

Endlich giebt es noch ein drittes, gewifs sehr sicheres aber auch
hr kostbares und zeitraubendes Verfahren, um die Strömung in
m Bruche, den man durchbauen will, zu mäfsigen. Dieses besteht
rin, dafs man den Polder durch schwache Zwischendeiche nach
d nach verkleinert. In demselben Maafse, wie die der Inundation
sgesetzte Fläche eine geringere Ausdehnung annimmt, vermindert
ch auch die zu ihrer Anfüllung erforderliche Wassermenge. Die
bschlufsdeiche, die man zu diesem Zwecke erbaut, und für welche
an ein möglichst günstiges Terrain aussucht, bleiben im Binnen-
nde und sind daher einem starken Angriffe der Wellen nicht aus-
esetzt. Aus diesem Grunde brauchen sie nur leicht zu sein, auch
nügt es, sie etwas über die gewöhnlichen Springfluthen zu legen,
a vor Eintritt des Winters der Bruch im Hauptdeiche doch jeden-
lls geschlossen werden mufs. Die sehr grofse Länge, die sie er-
alten müssen, um die entsprechenden Theile des Polders nach und
ach abzuschliefsen, macht ihre Ausführung sehr mühsam und kost-
ar. Als im Jahre 1729 ein Deich neben dem Dorkumer-Diep, das
n den Laauwer See ausmündet, gebrochen war, konnte der Bruch
icht früher geschlossen werden, als bis man den inundirten Polder
reimal hinter einander durch Abschlufsdeiche auf eine sehr kleine
läche reducirt hatte.

Wenn durch die angegebenen Mittel die Strömung auch gemä-
igt wird, so kann dieselbe dadurch doch keineswegs ganz aufge-
oben werden, und wenn aufserdem eine tiefe Rinne sich vollstän-
ig ausgebildet hat, so ist diese durch Erdschüttungen oder leichte
angedämme nicht mehr zu schliefsen. Es ist daher am einfach-
sten, in solchem Falle den sehr schwierigen Schlufs an derjenigen
Stelle vorzunehmen, wo man den Deich hinlegen will. Man darf
abei aber Anfangs, und zwar so lange, wie ein kräftiger Strom
noch hindurchgeht, weder Erde noch auch andres leichtes Material
nwenden, das vom Wasser gelockert und fortgerissen werden könnte.
Nur fest verbundene Faschinen, also vorzugsweise Senkstücke sind
unter diesen Umständen der Zerstörung nicht ausgesetzt, und wenn
solche auch keineswegs einen wasserdichten Schlufs geben, so mufs

man sie doch zur Schliefsung des Kolkes verwenden, weil man keine andre Wahl hat.

Zunächst kommt es darauf an, in den kurzen Zwischenzeiten, wo die Strömung ganz aufhört, oder doch sehr mäfsig wird, das Profil des Durchbruches, welches geschlossen werden soll, möglichst genau zu messen und hiernach die ganze Disposition über den auszuführenden Bau zu treffen, damit letzterer geregelten und möglichst schnellen Fortgang hat, und nicht etwa in Folge eines unvorhergesehenen Mangels an Material unterbrochen werden mufs.

Storm Buysing giebt*) eine ausführliche Beschreibung eines solchen Baues, die wohl am Passendsten zur Darstellung des ganzen Verfahrens in den wesentlichsten Punkten hier mitzutheilen sein dürfte.

Es wird ein specieller Fall vorausgesetzt. Es ist nämlich ein Deich an einem Ufer gebrochen, vor welchem der gewöhnliche Fluthwechsel 12¼ Fufs mifst. Der Kolk ist in der Deichlinie unter Niedrigwasser 15 Fufs tief, und in der Höhe des letzteren 460 Fufs breit. Der Deich soll bis 12¾ Fufs über das gewöhnliche Hochwasser heraufgeführt werden, eine Kronenbreite von 6¼ Fufs, eine Binnendossirung von 1¾facher und eine Aufsendossirung von 4facher Anlage erhalten. Aufserdem soll ihm in der Höhe des gewöhnlichen Hochwassers eine Binnenberme von 19 Fufs und eine äufsere Berme von 12¼ Fufs Breite gegeben werden. Die äufsere Berme besteht über dem gewöhnlichen Niedrigwasser aus Packwerk, das auf der Deichseite ganz steil, auf der Seeseite aber, wie in den Niederlanden üblich, nur mit ¼facher Anlage ausgeführt ist. Die innere Berme dagegen besteht nur zum Theil aus Packwerk, das eben so tief, wie das erste herabreicht, aber 4 Fufs hoch mit Erde überschüttet, auch nicht breiter, als das erste ist, indem sich landwärts eine Erdschüttung von durchschnittlich 11 Fufs Breite dagegen lehnt. Zwischen diesen beiden Prismen aus Packwerk wird der innere Raum von 80 Fufs Breite mit zäher Klaierde angefüllt und derselbe bildet zugleich die Basis des eigentlichen Deiches, dessen Dossirungen theils an den innern Rand des äufsern Packwerks, und theils an die Vertikal-Ebene reichen, welche das innere Packwerk begrenzt.

*) Bouwkundige Leercursus. 1854. I. Seite 659 ff.

Die beiderseitigen Packwerke ruhen nun auf Senkstücklagen, welche die Erdschüttung unter dem Deiche einschliefsen. Die obern Lagen treten indessen an den äufsern Seiten, sowol land- als seewärts etwa 10 Fufs vor den Packwerken vor, und die folgenden bilden in den stufenförmigen Absätzen durchschnittlich Dossirungen von zweifacher Anlage, während sie an den innern Seiten, wo sie die Erdschüttung begrenzen, etwa 1¼ fache Anlage in ihren Absätzen darstellen. Die beiderseitigen äufsern Böschungen sind jedoch nach der vorliegenden Beschreibung in den verschiedenen Höhen verschieden, indem sie unten etwas flacher und oben etwas steiler gehalten werden sollen. Die Stärke oder Höhe der Lagen wird zu 3 Fufs angegeben. Die untersten Lagen erhalten viel gröfsere Breiten, als sie nach den angegebenen Dossirungen haben würden. Sie treten nämlich so nahe zusammen, dafs nur ein freier Raum von 10 Fufs Breite zwischen ihnen bleibt, um während des Baues die Erdschüttung hier dem Angriffe des Stromes möglichst zu entziehn. Dieser freie Raum liegt senkrecht unter der Deichkrone. Sodann springen die untern Lagen sowol seeseitig, als landseitig 30 Fufs weit vor die nächste Lage vor, indem sie wegen des überstürzenden Wassers als Sturzbette dienen sollen. In dieser Weise erhält die unterste Lage auf der Seeseite eine Breite von 125 Fufs und die auf der Landseite von 105 Fufs. Diese Breiten sind zu grofs, als dafs man sie in einem Senkstücke darstellen könnte, was um so schwerer sein würde, als es von grofser Wichtigkeit ist, sehr wenige Querfugen anzubringen, oder am besten solche ganz zu vermeiden, also die einzelnen Stücke über den ganzen Kolk hinüberreichen zu lassen. Die äufsere Lage soll daher aus drei und die innere aus zwei Tafeln zusammengesetzt sein, die ihrer Länge nach neben einander liegen.

Vor dem Versenken der Stücke bemüht man sich, den Boden durch Anfüllen der tieferen Einsenkungen mit Thon möglichst zu ebenen. Alsdann bindet man die Senkstücke ab, worüber bei Gelegenheit des Hafenbaues ausführlicher die Rede sein wird. Hier wäre nur zu bemerken, dafs die Methoden, die man in den Niederlanden dabei anwendet, viel einfacher, als die unsrigen sind, woher man in weit kürzerer Zeit grofse Stücke darstellen kann. Man baut dieselben auch nicht auf Rüstungen, worauf sie vollständig aufliegen, vielmehr werden sie am Rande des Ufers gepackt und ge-

bunden, und sobald ein Theil fertig ist, so schiebt man denselben ins Wasser, indem man dabei gewöhnlich das Steigen der Fluth benutzt. So kann es geschehn, dafs man die langen Senkstücke in kurzer Zeit vollendet und versenkt. Dieselben werden jedesmal durch verschiedene Taue in der richtigen Lage gehalten und indem sie bei der geringen Dicke nur einen kleinen Theil des Profils sperren, so sind sie keinem übermäfsigen Andrange des Wassers ausgesetzt. Die Versenkung erfolgt jedesmal, wenn die Strömung aufgehört hat.

Die Zwischenräume zwischen den beiderseitigen Senkstücklagen werden mit guter Erde gefüllt und die auf beiden Seiten stufenförmig vortretenden Enden der Senkstücke mit Bauschutt bedeckt, so dafs sich hier die beabsichtigten Dossirungen bilden. Die untern Senkstücklagen steigen auf den beiderseitigen Ufern an, alle folgenden werden horizontal aufgebracht. Sie bilden die Unterlagen der bereits erwähnten prismatischen Packwerke, welche die Erdschüttung einschliefsen, die man auch sogleich aufbringt. Letztere mufs aber, sobald sie beim kleinsten Wasser sichtbar wird, durch Ueberdeckung mit Strauch gegen den Angriff des Stromes geschützt werden, und diese Decke ist jedesmal zu beseitigen, so oft eine neue Schüttung darüber kommt. Aufserdem ist dafür zu sorgen, dafs die jedesmalige Oberfläche nach der Seeseite leicht entwässert. Zu diesem Zwecke wird das landseitige Packwerk immer einige Fufs höher gehalten, als das gegenüber liegende, und die Erdschüttung ist in gleicher Weise geneigt, so dafs sie sich an beide anschliefst. Man pflegt auch das seeseitige Packwerk so niedrig zu lassen, dafs bei jedem Hochwasser die Fahrzeuge, die Erde anbringen, darüber gehn können. Es wird alsdann in voller Höhe erst dargestellt, wenn der gröfste Theil des Deiches bereits geschüttet ist.

Sobald endlich das landseitige Packwerk bis 3 oder 4 Fufs unter gewöhnliches Hochwasser aufgeführt ist und die Erdschüttung daneben dieselbe Höhe hat, so wird der vollständige Abschlufs des Wassers durch einen leichten Schlufsdamm bewirkt. Letzterer ruht auf der Erdschüttung und lehnt sich mit seiner landseitigen Dossirung gegen das innere Packwerk. Seine Krone von 4 Fufs Breite ragt etwas über gewöhnliche Springfluthen hervor. Seine beiderseitigen Böschungen erhalten nur einfache Anlage. Obwohl es immer sehr wünschenswerth ist, diesen Abschlufs möglichst bald

sacken, weil der Polder nicht früher trocken gelegt werden kann
das Fluthwasser darin ihn dauernd bis zur Krone des Pack-
anfüllt, so darf man dennoch diese wichtige Arbeit nicht zu
und nicht bei ungünstiger Witterung vornehmen. Die Erd-
darunter mufs hinreichende Zeit gehabt haben, sich genü-
zu setzen, indem man aber die lose Erde aufbringt, mufs das
abgesehn von der Strömung ganz ruhig sein und darf nicht
schlagen. Man wartet daher stilles Wetter und das Eintre-
von Landwind ab, während Alles vorbereitet wird, um den Schlufs
schnell fertig stellen zu können. Sollte gegen Erwarten
der Schüttung dieses Dammes eine besonders hohe Fluth
ein starker Seewind eintreten, so wird die aufgebrachte Erde
gespült und die Arbeit mufs später aufs Neue gemacht werden.
Ist dieser Damm zum Schlusse gebracht, so hat auch die Ueber-
aufgehört, und die Ausführung des eigentlichen Deiches
gewöhnlicher Weise bietet keine weitere Schwierigkeit mehr. Die
Erde wird immer von der Seeseite aus angefahren,
man sie von hohen Aufsendeichen entnimmt, wenn diesel-
auch in einiger Entfernung liegen. Damit nun die Fahrzeuge,
sie angefahren wird, immer möglichst nahe und bequem an-
und bei Schüttung des kleinen Schlufsdeiches selbst bis an
gelangen können, so wird das äufsere Packwerk erst später
zur vollen Fluthhöhe heraufgeführt.

Dafs bei solchem Deiche noch ein bedeutendes Sacken eintritt,
kaum der Erwähnung und man mufs deshalb gleich Anfangs
Theile in gröfserer Höhe ausführen, als sie später haben sollen.
grofse Vorsicht mufs aber darauf verwendet werden, dafs bei
starken Durchquellungen nicht grofse Erdmassen aus dem In-
abgeführt werden. In dieser Beziehung ist es besonders wich-
dafs die Stöfse zwischen den Senkstücken nicht zusammentreffen,
mehr in den einzelnen Lagen gehörig abwechseln, wenn man
nicht, wie bereits erwähnt, ganz vermeiden kann. Jedenfalls
aber auch jede nächste Lage sowol die Lang- als die Quer-
der darunter befindlichen überdecken. Dieser Vorsicht un-
zeigt sich ein solcher Deich doch immer als ziemlich un-
und am meisten wird das Durchquellen des Wassers noch
den Erdkern im Innern des Deiches verhindert, der sich von
Sohle des Kolkes bis zur Krone heraufzieht. Es mufs daher

grofse Sorgfalt darauf verwendet werden, dafs dieser nur au
und dicht gelagerter Erde besteht.

Es wäre noch zu erwähnen, dafs man hinter sehr be
Deichstrecken zuweilen noch Binnendeiche ausführt, um i
eines Durchbruches nicht gar zu grofse Landflächen der Inu
Preis zu geben und um zugleich die ein- und ausgehende St
möglichst zu mäfsigen. Man erreicht hierdurch zunächst d
fsen Vortheil, dafs der Bruch weniger erheblich wird, weil
hältnisse zu der überströmten Fläche weniger Wasser hindur
und aufserdem wird es hierdurch auch leichter, wie bereits e
den Bruch bald wieder zu schliefsen. Diese Rückdeiche
dijken) pflegen etwa 100 Ruthen hinter den Hauptdeichen zu
Sie brauchen nur schwach profilirt zu sein, da sie beim Bre
Hauptdeiches keinem erheblichen Wellenschlage ausgesetzt s
ihre gehörige Unterhaltung mufs aber immer Sorge getrag
den. In manchen Fällen ist mit Sicherheit vorauszusehn,
äufsere Deich für die Dauer nicht gehalten werden kann, d
ein solcher Rückdeich einst Hauptdeich werden mufs. In
Falle empfiehlt es sich, demselben wenn auch nicht die vo
nenhöhe und Kronenbreite, doch wenigstens diejenige flach
Böschung zu geben, die er später haben mufs. Wenn die
kosten sich dadurch auch wesentlich vergröfsern, so tritt da
der Vortheil ein, dafs, so lange der Deich nicht in Wir
kommt, diese Böschung als Weide beinahe denselben Ertra
wie der frühere horizontale Boden unter ihr, während e
Böschung nur wenig benutzt werden kann und weit gröfs
merksamkeit in der Unterhaltung erfordert.

In den Niederlanden sind Anlagen dieser Art wiederl
ausgeführt. So bildet der aus reinem Seesande bestehende
mittelbar an der Nordsee belegene Deich bei Petten, die Ho
Zeeweering genannt, alles Uferschutzes ohnerachtet, wov
die Rede sein wird, dennoch keine hinreichende Sicherhei
dahinter liegenden sehr ausgedehnten und fruchtbaren Pol
Bei einem Durchbruche dieses Deiches würde indessen de
durchschnittene alte Westfriesische Deich, der den genannt
im Süden begrenzt, auch kaum zu halten sein, und die Uebe
mung würde sich alsdann über einen grofsen Theil von
land ausdehnen. Aus diesem Grunde ist im Innern de

ler Dünen noch ein sogenannter Seedeich ausgeführt und
rschiedene Anschlüsse mit den Dünen verbunden. Wenn
r Sanddeich einst durchbrechen sollte, so würde jedesmal
leiner Theil des Binnenlandes unter Wasser gesetzt werden.
ähnlicher Weise ist ohnfern Delft hinter der schwachen,
s durch Uferbauten gesicherten, Dünenkette, von dem Maas-
ordwärts abgehend bis jenseits Terheyde ein Binnendeich
t, während bei Loosduinen ein andrer kürzerer sich befin-
de haben nur den Zweck, dafs sie bei einem möglichen
che der Dünen das dahinter liegende Land sichern.
er Provinz Friesland, die besonders tief liegt, sind aus dem-
unde verschiedene und zum Theil sehr lange Binnendeiche
orden. Dieselben haben sich bereits bewährt. Als näm-
ler sehr hohen Sturmfluth am 4. und 5. Februar 1825 der
ch an dreifsig Stellen durchbrach, hielten sie dennoch von
enen Theilen der Niederung das Wasser ab.

§. 18.

Siele.

eingedeichten Niederungen neben dem Meere müssen eben
iejenigen, welche an den oberen Stromtheilen liegen, mit
igen Vorrichtungen zur Entwässerung versehn sein. Ueber
nung der Gräben im Innern ist nichts zu erwähnen, dage-
n die Entwässerungs-Schleusen oder Siele manche Eigen-
eiten.

Marschen, von denen hier die Rede ist, liegen jederzeit
n, an Strömen oder an Busen, welche einem gröfsern oder
, aber doch immer einem merklichen Fluthwechsel un-
sind. Die Auswässerung ist um so stärker, je gröfser das
der je tiefer das äufsere Wasser gesunken ist. Häufig ge-
essen selbst das gröfste Gefälle, das sich beim Fluthwech-
, nur nothdürftig, um die Auswässerung so zu beschleuni-
so vollständig zu bewirken, wie die landwirthschaftlichen
isse dieses fordern. Dieses ist fast bei allen Marschen im
rühjahre oder nach anhaltendem Regen der Fall. Oft liegen

die eingedeichten Flächen auch so niedrig, dafs sie beinahe das ganze Jahr hindurch einer kräftigen Auswässerung bedürfen, weil sie zugleich einem starken Eindringen des Grund- oder Quellwassers unterworfen sind. Während jeder Fluth wird die Ausströmung vollständig unterbrochen, indem alsdann nicht nur das Gefälle ganz aufgehoben wird, sondern ein solches sich sogar in entgegengesetzter Richtung bilden würde, wenn die Schleuse geöffnet bliebe. Aus diesem Grunde mufs letztere in kurzen Zwischenzeiten, nämlich in Perioden von etwas über 12 Stunden geöffnet und geschlossen werden. Die Entwässerung fordert aber die möglichste Aufmerksamkeit in der Handhabung der Schütze oder sonstigen Vorrichtungen, damit weder der Abflufs verzögert wird, noch auch die Schleuse so lange offen bleibt, dafs das Meerwasser in den Polder einströmt. Dabei kommt auch noch der Umstand in Betracht, dafs dieser Dienst sich keineswegs auf die Tagesstunden beschränkt, sondern häufig mitten in der Nacht versehn werden mufs, und bei der ungünstigsten Witterung die gröfste Sorgfalt erfordert. Das Ziehn der Schütze wäre sonach bei den Entwässerungs-Schleusen am Meere überaus beschwerlich, und ob es stets regelmäfsig ausgeführt wird, liefse sich kaum controliren, namentlich da viele dieser Schleusen an abgelegenen Orten sich befinden.

Aus diesem Grunde pflegt man solche Vorrichtungen zum Schliefsen der Oeffnungen zu wählen, die von selbst und zwar durch den wechselnden Wasserstand auf der äufsern Seite in Thätigkeit gesetzt werden. Die gewöhnlichste unter diesen Vorrichtungen besteht in Stemmthoren, die nach der Seeseite aufschlagen. Sobald bei der Ebbe der äufsere Wasserstand bis unter den innern herabgesunken ist, so werden die Thore von selbst durch den Druck geöffnet, und die Auswässerung beginnt. Dieselbe dauert so lange, bis während der Fluth das äufsere Wasser etwas über das innere gestiegen ist. Alsdann tritt eine entgegengesetzte Strömung ein, und wenn die Thore nicht ganz zurückgeschlagen waren, was man durch besondere Vorkehrungen verhindern mufs, so werden sie von dem eingehenden Strome gefafst und geschlossen. Das äufsere Wasser kann alsdann nicht mehr ins Binnenland eindringen, wenn die Fluth auch zu grofser Höhe ansteigt.

Eine andre eigenthümliche Anordnung dieser Schleusen wird durch den Wellenschlag veranlafst, dem sie ausgesetzt sind. Man pflegt

...er, in sofern jede Schleuse unbedingt eine schwache Stelle
im Deiche bildet, sie immer so zu legen, dafs sie möglichst geschützt
..., und von den heftigsten Wellen nicht getroffen wird, doch läfst
...h diese Vorsicht selten so weit ausdehnen, dafs die Gefahr wirk-
...h unter allen Umständen verschwindet, und oft bietet die Rich-
...ng und Lage des Deiches, wenn man ihn nicht in andrer Bezie-
...ng gefährden und etwa mit vorspringenden Ecken versehn will,
...ine gesicherte Stellung der Schleuse. Sobald ein heftiger Wellen-
...lag eintritt, so wirkt derselbe immer am zerstörendsten, wo die
...gelmäfsigkeit der Fläche unterbrochen wird, und dieses läfst sich
... Anschlusse der Erdböschung an die Mauern oder Bohlwände,
...lche die Seiten-Einfassung der Schleuse bilden, nicht vermeiden.
...n müfste also immer besorgen, dafs neben der Schleuse die Erde
...gespült würde, und indem mit der zunehmenden Unregelmäfsig-
...it der Böschung auch der Angriff gegen solche Stelle sich ver-
...rkt, so wäre die Gefahr eines Deichbruches hier besonders grofs.
...n würde allerdings durch Bedeckung der Dossirung mit Steinen
...se Gefahr bedeutend vermindern können, aber abgesehn von den
...ofsen Kosten der Anlage und Unterhaltung solcher Deckung, ver-
...ient doch immer die gleichmäfsige Durchführung der Erdböschung
...den Vorzug.

Hierzu kommt noch, dafs bei der an den obern Strömen üb-
...lichen Anordnung der Entwässerungs-Schleusen, die einen offenen
Canal darstellen, die Thore bis zur Krone des Deiches reichen
müssen, wodurch sie eines Theils sehr schwer und deshalb weniger
beweglich werden, andern Theils aber auch ein Werfen und Ver-
...ziehn in ihrer ganzen Verbindung leicht veranlafst werden kann,
wodurch der genaue und scharfe Schlufs verschwindet. Mit Rück-
sicht auf beide erwähnte Umstände wird die Schleuse überdeckt,
und bildet eine Art von Durchlafs, wie solche bei Strafsendämmen
vorkommen. Ist die Schleuse massiv, so besteht diese Decke aus
einem Gewölbe, beim Holzbau dagegen aus hinreichend starken
Balken oder Bohlen. Ueber ihr liegt der Erddeich, und sonach setzt
sich der obere Theil des Deiches ununterbrochen über die Schleuse
fort. Bei niedrigem Wasser und gewöhnlichen Fluthen zeigt sich
auch bei dieser Einrichtung jene erwähnte Ungleichmäfsigkeit in
der äufsern Fläche des Deiches, aber alsdann ist wegen der Höhe
des Vorlandes der Wellenschlag selbst beim Sturme noch nicht

besonders zu fürchten. Anders verhält es sich bei den höchsten Wasserständen, wobei der Wellenschlag den Deich in der Nähe der Krone am stärksten angreift und hier ist durch diese Einrichtung jede Ungleichmäfsigkeit verschwunden.

Solche überdeckte und mit Stemmthoren versehene Entwässerungs-Schleusen, die mit seltenen Ausnahmen in den Seedeichen allgemein üblich sind, nennt man Siele. Dieselbe Benennung giebt man freilich zuweilen auch den Schleusen in den Deichen anderer Ströme und namentlich wenn sie mit Stemmthoren versehn sind; letzteres kommt jedoch nur selten vor, und ist nicht zu empfehlen, da der Wasserwechsel hier nur in langen Perioden eintritt, also das Oeffnen und Schliefsen der Schütze sehr sicher durch die Wärter ausgeführt werden kann. Siele sind daher im Allgemeinen nur bei den Seedeichen im Gebrauche.

Bei Anordnung der Siele kommen verschiedene Umstände in Betracht, und zunächst ist die Stelle, wo ein solches erbaut werden soll, mit Vorsicht auszuwählen. Eine Rücksicht, welche für die Entwässerungs-Schleusen an den obern Stromtheilen von besonderer Bedeutung ist, dafs dieselben nämlich an den untern Enden der Deiche liegen müssen, kommt bei den Sielen in eigentlichen Seedeichen nicht in Betracht, weil vor diesen das Wasser gleich tief zu ebben pflegt, wenn sie auch eine grofse Ausdehnung haben. Dagegen ist bei Seedeichen, die sich auf grofse Länge zur Seite eines Stromes hinziehn, dieselbe Rücksicht allerdings zu beachten, weil der Wasserstand am Ende der Ebbe um so tiefer ist, also die Entwässerung um so vollständiger erfolgt, je näher die Stelle an der offenen See liegt. Gewöhnlich wird dieser Unterschied jedoch so geringfügig, dafs man ihn unbeachtet lassen darf, und sonach die Wahl der Baustelle nur von andern Rücksichten abhängt.

Vorzugsweise kommt es darauf an, das Siel, das jedesmal eine schwache Stelle im Deiche bildet, vor dem stärksten Wellenschlage und dem Angriffe des Stromes und Eises möglichst zu sichern. In dieser Beziehung wird man die Baustelle, so viel geschehn kann, in eine Deichstrecke zu verlegen suchen, die den heftigsten Winden weniger ausgesetzt, oder durch davor liegende Inseln und vorspringende Ufer gegen einen starken Seegang geschützt ist; so wie man auch vermeiden mufs, sie in eine Deich-Concave zu legen, wenn sich längs derselben ein starker Strom hinzieht, oder besonders

iger Andrang des Eises daselbst zu besorgen ist. In beiden ehungen ist es vorzugsweise wichtig, das Siel im Schutze eines ten und hohen Vorlandes zu erbauen.

Die letzte Rücksicht ist oft mit einer andern unvereinbar, welche n so wichtig ist. Das Siel mufs nämlich durch eine hinreichend ite und tiefe Rinne, oder durch das sogenannte Sieltief mit dem natlichen Stromschlauche oder mit der offenen See in Verbinng bleiben. Ist dieses Tief sehr lang und dabei enge, gekrümmt d flach, wie oft geschieht, so bildet sich darin zur Zeit des nieigen Wassers, also während die Auswässerung erfolgt, schon ein rkes Gefälle, oder der Wasserstand unmittelbar vor dem Siele leibt merklich höher, als der des offenen Stromes oder des Mee. Die Entwässerung der eingedeichten Niederung kann alsdann icht so schnell und so vollständig erfolgen, als wenn das Sieltief n den erwähnten Mängeln frei wäre. Diese Mängel sind aber mer um so auffallender, je breiter und höher das Vorland ist.

In vielen Fällen ist die Baustelle für das Siel schon sehr bestimmt gegeben. Wenn nämlich der Groden, den man neu eindeichen will, vor andern Niederungen liegt, die durch ihn entwässern, der vielleicht sogar noch aus weiter Entfernung das Regenwasser ier abgeführt werden mufs, so hat sich das Sieltief nach den früheren Verhältnissen vollständig ausgebildet, und wenn man das neue Siel von diesem weit entfernen wollte, so müfste man nicht nur inen ganz neuen Entwässerungsgraben auf der Binnenseite, sondern auch ein neues Sieltief auf der äufsern Seite darstellen. Die Kosten dafür würden die ganze Anlage wesentlich vertheuern, und dazu käme noch der Uebelstand, dafs der innerhalb des neuen Deiches belegene Theil des alten Sieltiefes eine Schlenke bilden würde, die keinen Ertrag gäbe. Man ist daher fast jedesmal gezwungen, das neue Siel in das alte Sieltief selbst, oder doch nur wenig seitwärts zu verlegen. Das letzte geschieht oft nur, um während des Baues die Auswässerung nicht zu unterbrechen.

Die Beschaffenheit des Grundes ist ferner bei der Wahl der Baustelle noch vorzugsweise zu berücksichtigen. Das Gewicht des Sieles ist an sich nicht bedeutend, und bei der Ueberschüttung mit Erde wird es auch nicht gröfser, als das einer gleich langen Deichstrecke. Das Setzen des Untergrundes ist dabei aber sehr nachtheilig, und zwar eben sowol, wenn das Siel selbst daran Theil

nimmt, als wenn es hieran verhindert wird. Giebt man dem Si
eine feste Fundirung, oder stellt man es auf einen Pfahlrost, so
es zwar an sich vor dem Einsinken gesichert, aber die Deich
schlüsse zu beiden Seiten senken sich über dem losen Grunde,
weit sie auf solchen treffen, und es bilden sich zwischen ihnen
dem Deiche, der auf dem Siele ruht, sehr merkliche Fugen, die
der äufsern Böschung bis zur innern hindurchreichen. Auf di
Art entstehn beim Hochwasser starke Quellen, die, wenn sie la
wirksam sind, immer kräftiger werden und endlich den Durchbr
veranlassen können.

Wenn dagegen das Siel nicht sicher gegründet ist, also
auf dem Boden liegt, und mit dem Deiche sich gleichmäfsig se
so findet eine solche Trennung im Deichkörper zwar nicht st
aber dagegen ist die Senkung des Sieles nicht überall gleich gr
vielmehr unter der Krone des Deiches am stärksten, und an beid
Enden am geringsten, oder sie verschwindet hier ganz. Das Si
nimmt also nach der Längenrichtung eine gekrümmte Form an
und sein Verband löst sich. Bei gewissen Holz-Constructionen kan
man diese Durchbiegung theils mäfsigen, indem man den Seiten
wänden grofse Steifigkeit giebt, theils auch sie unschädlich mache
indem man die Trennung der Verbandstücke hindert. Solche An
ordnung ist auf losem Untergrunde mehrfach mit Erfolg versucht
worden, doch ist jedenfalls ein fester Baugrund bei Weitem vo
zuziehn.

Endlich ist bei der Wahl der Baustelle auch darauf zu achten
dafs das Sieltief nicht der Gefahr einer zu schnellen Verlandun
ausgesetzt sein darf. In demselben findet nur während der letzte
Ebbe und der ersten Fluth einige Strömung statt, nämlich so lang
das Siel geöffnet ist. Die erdigen Theilchen, welche die Fluth he
beiführt, schlagen demnach in grofser Masse in dem Sieltief nieder
und dasselbe verliert in kurzer Zeit die Tiefe, die man ihm künst
lich gegeben hatte. Dazu kommt noch die Wirkung des Wellen
schlages, der namentlich bei dem Uebergange über ein unbearbeite
und weiches Watt die Oberfläche desselben ausgleicht, und die Er
höhungen und Vertiefungen darin sehr bald beseitigt. In der Nähe
des Sieles ist dieses zwar zu verhindern, indem man das Tief mit
Packwerk einfafst, auch bleibt die Strömung daselbst noch so wirk
sam, dafs sie die Verschlammung, die während der Fluth eingetreten

bald wieder beseitigt. In weitern Abständen sind aber die Ein-
ungen schwer zu erhalten, und die Ausströmung wird immer
iger wirksam, so dafs beim niedrigsten Wasserstande häufig nur
ur flache Rillen auf dem Watte zu bemerken sind, durch welche
s Binnenwasser mit starkem Gefälle abfliefst. Die Eigenthüm-
hkeit des strömenden Wassers, jede Krümmung in seinem Bette
ch und nach zu verstärken, verbunden mit den Wirkungen der
uth- und Ebbe-Strömungen, die vor dem Ufer vorbeiziehn, ver-
öfsern noch diese Unregelmäfsigkeiten, und so geschieht es, dafs
ie Auswässerung meist nicht so weit ausgedehnt werden kann, als
ieses möglich wäre, wenn die Sieltiefe gehörig geöffnet blieben. In vie-
n Fällen ist dieser Umstand nicht als nachtheilig zu betrachten, weil
ie Polder so hoch liegen, dafs eine noch tiefere Senkung des Was-
erstandes in den Gräben kein Bedürfnifs ist, und selbst der Cultur
haden würde. Bei anhaltender Dürre mufs man sogar oft die
eitere Auswässerung unterbrechen, woher die Siele fast jedesmal
och mit besondern Vorrichtungen an der innern Seite versehn sind,
m die Ausströmung des Binnenwassers, so oft es nöthig ist, zu
erhindern.

Häufig mufs man dagegen noch einen andern Umstand berück-
ichtigen, der ein möglichst gerades und zugleich hinreichend tiefes
Sieltief fordert. Dieses ist die Schiffahrt. Die Siele dienen näm-
lich in manchen Fällen auch zum Durchgange kleiner Seeschiffe, und
sind alsdann entweder wie Kammerschleusen eingerichtet, oder, wie
meist geschieht, der Durchgang der Schiffe findet nur in der Zeit
statt, wenn die Thore bereits geöffnet sind. Die von beiden Seiten
ankommenden Schiffe müssen daher geräumige und hinreichend
sichere Liegeplätze finden, in welchen sie diesen Zeitpunkt abwar-
ten können. Kommt das Schiff aus der See, so ist es gemeinhin
sehr schwer, während der Ebbe, also während das Wasser noch hö-
her ist, das Sieltief zu durchsegeln, weil alsdann die Strömung ihm
entgegenkommt. Während der ersten Fluth dagegen ist zwar die
Strömung günstig, aber es fehlt alsdann der hinreichende Wasser-
stand im Tiefe, wenn dieses nicht gehörig offen erhalten ist. Die-
ser Umstand verursacht oft einen langen Aufenthalt der Schiffe vor
dem Siele, bevor sie dasselbe durchfahren können, und da nicht
leicht ein gehöriger Hafen daneben eingerichtet ist, so müssen sie
im offenen Wasser und zwischen den Wattgründen liegen blei-

ben, wo sie bei unruhiger Witterung manchen Gefahren ausgesetzt sind.

Das Mittel, welches man vielfach anwendet, um Sieltiefe periodisch zu räumen, ist dasselbe, das zu gleichem Zwecke auch bei binnenländischen Strömen benutzt wird, nämlich der Sielpflug, der bereits im zweiten Theile dieses Handbuches (§. 91) ausführlich beschrieben ist. Er dient zum Aufkratzen und Fortschieben des noch weichen Schlammes, während der Druck des aus dem Siele strömenden Wassers ihn in Bewegung setzt.

Die meisten Siele, wenn sie auch zum Durchgange kleiner Seeschiffe dienen, sind überdeckt, woher die Maste niedergelegt werden müssen. Der Entwässerungsgraben auf der Binnenseite bildet zugleich den Schiffahrts-Canal, und unmittelbar neben dem Siele pflegt er zu einem weiten Busen verbreitet zu sein. In demselben liegen die ankommenden Schiffe, bis sie durchgehn können. Diese Verbreitung hat noch für die Entwässerung den wesentlichen Nutzen, dafs eine grofse Wassermenge sich darin ansammelt, die beim Aufgehn der Thore sogleich abfliefst und wegen der geringen Entfernung vom Siele keines starken Gefälles bedarf. Sobald dagegen die Thore sich schliefsen, und die Auswässerung aufhört, so dauert dennoch der Zuflufs in diese Bassins aus den weiter zurückliegenden Gräben längere Zeit hindurch fort, bis endlich überall ein gleicher Wasserspiegel eingetreten ist. Dieser Umstand ist von besonderer Bedeutung und befördert wesentlich die Auswässerung, wenn die Dauer der Wirksamkeit des Sieles sehr beschränkt ist.

Die Sohle des Sieles oder die Schlagschwelle mufs, wie gewöhnlich als Regel angenommen wird, unter dem niedrigsten äufsern Wasserstande liegen, weil sonst die Auswässerung erschwert, auch zu Zeiten ganz behindert werden könnte. Je tiefer sie gesenkt wird, um so gröfser ist der Querschnitt der hindurchströmenden Wassermenge, und um so gröfser wird zugleich bei demselben Gefälle ihre Geschwindigkeit. Es verstärkt sich also hierdurch der Abflufs oder die Wirksamkeit des Sieles in doppelter Beziehung. Nichts desto weniger können Polder, welche recht hoch liegen, auch ohne die angegebene Senkung des Sieles vollständig entwässert werden, während andrerseits die tiefe Lage des Sielbodens wenig nützt, wenn der äufsere Abflufsgraben oder das Sieltief hoch verlandet ist, und dadurch das Sinken des Wasserstandes doch

ndert wird. Die Anlage eines Sieles wird aber sehr erschwert und euert, wenn dessen Boden einige Fufs tiefer gelegt werden soll, als wendig ist, und hierzu kommt noch, dafs derselbe alsdann sowie die Thorkammer einer starken Verschlammung ausgesetzt ist, und urzen Zwischenzeiten immer gereinigt werden mufs. Aus diesem nde scheint es angemessener, in jedem einzelnen Falle die Höhen- des Bodens nach dem Bedürfnisse und den localen Verhältnissen zu timmen, als dabei einer allgemeinen Regel zu folgen. Es mufs och bemerkt werden, dafs man namentlich in den Niederlanden le Beispiele findet, in welchen die Siele wegen ihrer zu hohen ge die Auswässerung wesentlich hindern. Wenn endlich ein Siel m Durchgange von Schiffen bestimmt ist, so mufs gemeinhin die hlagschwelle noch tiefer, als nach jener Regel, gesenkt werden. sdann tritt nämlich die Bedingung ein, dafs bei dem kleinsten nnenwasser sich noch die nöthige Schiffahrtstiefe über dieser hwelle darstellen mufs.

Die Höhe des Sieles pflegt man in der Art zu bestimmen, fs die Decke oder die Anfänge des Gewölbes vom höchsten Binnwasser noch nicht erreicht werden. Wenn Schiffe hindurchgehn llen, so mufs die Decke oder das Gewölbe noch so weit gehoben erden, dafs der nöthige Zwischenraum für die Schiffe, und zwar im höchsten Binnenwasser sich darstellt.

Insofern nach diesen Erörterungen die Höhenlage der Sohle d der Decke eines Sieles von der Ausdehnung der Fläche, die rch dasselbe entwässert wird, beinahe ganz unabhängig ist, so ufs derjenige Querschnitt der Oeffnung, der zur Abführung des innenwassers erforderlich ist, vorzugsweise durch angemefsne Verreitung des Sieles dargestellt werden. Die hierbei anzustellende Intersuchung stimmt sehr nahe mit derjenigen überein, die zur Betimmung der Dimensionen der Entwässerungs-Gräben gewöhnlicher lufsniederungen dient (Theil I dieses Handbuches §. 28), doch wird le Rechnung in sofern schwieriger, als das Gefälle nicht constant st, vielmehr wegen der Fluth und Ebbe sich fortwährend ändert. Demnächst mufs dabei auch auf das Gefälle im Sieltiefe zur Zeit es niedrigsten Wassers Rücksicht genommen werden.

Man pflegt die Bedingung zu stellen, dafs der stärkste tägliche Niederschlag in zwei Auswässerungen abgeführt werden mufs. Je höher die Niederungen sind, um so leichter ist diese Bedingung zu

erfüllen, aber um so weniger ist sie auch maafsgebend, da niemals mehrere Tage hinter einander der Niederschlag seine äufserste Grenze erreicht, oder auch nur derselben nahe kommt. Es ist aber meist ohne Nachtheil, wenn nach starkem Regen das Grundwasser etwas steigt und die Gräben für kurze Zeit um einige Zolle sich höher anfüllen. Aus diesem Grunde bestimmt sich die Weite der Siele vorzugsweise nach dem Bedürfnisse der Auswässerung im ersten Frühjahre. Da jedoch in der Nähe der See der Frost nicht so stark, auch nicht so anhaltend zu sein pflegt, als im Binnenlande, so erfolgt das Schmelzen grofser Schneemassen nicht so plötzlich, vielmehr thauen dieselben sehr bald nachdem sie gefallen sind auf, und das Wasser wird grofsentheils schon während des Winters abgeführt. Hiernach darf angenommen werden, dafs in den hoch belegenen Seemarschen die Entwässerungs-Anlagen nicht so kräftig zu sein brauchen, als in Poldern von gleicher Gröfse an oberländischen Strömen. Wenn dagegen die Marsch sehr niedrig ist, und sonach auch durch Quellwasser gefüllt wird, so mufs für eine viel kräftigere Auswässerung gesorgt werden.

Hunrichs*) hat versucht, aus Erfahrungen das Verhältnifs der Durchflufs-Oeffnung des Sieles zu der Gröfse des Polders festzustellen. Er ist dabei zu dem Resultate gekommen, dafs in der Regel für 50 Jück oder 3 Millionen Quadratfufs Land 1 Quadratfufs Durchflufs-Oeffnung im Siele genügt. Hiernach würde eine Fläche von 115 Preufsischen Morgen nur 1 Quadratfufs Siel-Oeffnung bedürfen. Diese Regel soll aber nur für Niederungen gelten, die wenigstens 5 bis 6 Fufs über dem gewöhnlichen Niedrig-Wasser liegen.

Tetens**) tadelt mit Recht den Versuch, eine solche allgemeine Regel aufstellen zu wollen, da doch die Verhältnisse in jedem Falle verschieden sind, und wesentliche Abweichungen bedingen. Brahms hatte in dieser Beziehung einen viel richtigeren Weg eingeschlagen, indem er die jedesmaligen localen Verhältnisse berücksichtigen wollte. Der damalige Zustand der Wissenschaft gestattete jedoch nicht, diesen Weg strenge zu verfolgen, und auch heutiges Tages bietet derselbe grofse Schwierigkeiten, weil es nicht leicht ist, alle erforder-

---

*) Practische Anleitung zum Deich-, Siel- und Schlengenbau. Bremen 1770. Theil I. Seite 269.

**) Reisen in die Marschländer der Nordsee. Leipzig 1788. Seite 279.

ben Data zu sammeln, die zum Theil sich vorher nicht bestimmen lassen und von manchen Zufälligkeiten abhängig sind. Nichts desto weniger dürften die so gefundenen Resultate doch zuverläfsiger sein, als die aus ganz verschiedenartigen Erfahrungen hergeleiteten Regeln.

Storm-Buysing*) ist Hunrichs gefolgt und hat für die Niederländischen Marschen, die meist sehr tief liegen, und sonach nur während kurzer Zeit abwässern, gefunden, dafs die gröfseren Siele auf je 1000 Bunders eingedeichte Fläche 2 bis 4 Ellen oder Meter weit sind. Nach unseren Maafsen kommt also auf je 100 Morgen eine lichte Weite von 1½ bis 3 Fufs. Der Sielboden soll dabei in der Höhe des gewöhnlichen niedrigen Wassers liegen. Bei kleineren Poldern giebt man dagegen den Sielen beträchtlichere Weiten und dieses zum Theil schon deshalb, weil die übliche Construction sich auf sehr kleine Dimensionen nicht anwenden läfst.

Ist das Siel zugleich für den Durchgang von Schiffen bestimmt, so mufs die Weite der Breite der letzteren entsprechen. In keinem Falle darf diese Weite aber das Maafs von 18 Fufs übersteigen, weil sonst die Ueberdeckung nicht mehr die nöthige Sicherheit bieten würde. Auch bei massiven Sielen müfste das Gewölbe wegen der alsdann erforderlichen Pfeilhöhe desselben sich schon so hoch erheben, dafs der Deich darüber gar zu niedrig, also zu schwach ausfallen würde. Sobald die Schiffahrt eine gröfsere Weite bedingt, so mufs man ein unbedecktes Siel erbauen, also eine Schiffs-Schleuse, die zugleich als Entwässerungs-Schleuse benutzt wird. Häufig trennt man aber auch in solchem Falle die Anlage, und richtet neben der Schiffs-Schleuse ein Siel ein.

Bei Bestimmung der lichten Weite und Höhe eines Sieles mufs man noch darauf Rücksicht nehmen, dafs beide Dimensionen in einem angemefsnen Verhältnisse zu einander stehn. Namentlich darf die Höhe nicht geringer, als zwei Drittheile der Weite sein, weil sonst die Construction der Thore Schwierigkeiten bietet, und besonders das Durchsacken derselben kaum zu verhindern sein möchte.

Wenn die abzuführende Wassermenge eine gröfsere Weite, als von 18 Fufs fordert, so stellt man das nöthige Ausflufs-Profil dadurch dar, dafs man zwei Siele neben einander erbaut. In dieser

*) Bouwkundige Leercursus. 1857. II. Pag. 340.

Weise wurden bei der Eindeichung des Wapeler Grodens in den Jahren 1822 und 1823 auf der südlichen Seite des Jade-Busens zwei Siele ausgeführt, von denen das eine, das zugleich zum Durchgange von Schiffen bestimmt war, 17 Fufs, das andre aber nur 12 Fufs weit war. Beide erhielten ein gemeinschaftliches Sieltief, und die Zuleitungs-Canäle, von denen der erste die Jade, und der zweite die Wapel aufnahm, wurden zwar besonders dargestellt, jedoch neben den Sielen mit einander verbunden, so dafs die Auswässerung eben sowol durch das eine wie durch das andere erfolgen konnte. Man erreichte hierdurch noch den Vortheil, dafs man, ohne die Entwässerung ganz zu unterbrechen, die nöthigen Reparaturen an einem Siele vornehmen und dasselbe zeitweise schliefsen konnte.

Eine wichtige Frage in Betreff der Anordnung der Siele bezieht sich darauf, ob man dieselben nur mit einem, oder mit zwei Paaren Stemmthore versehn soll, die beide gegen die Fluth aufschlagen, also sich gegenseitig unterstützen. In den ältern Oldenburgischen Sielen, die sich durch sehr zweckmäfsige Construction auszeichnen und grofsentheils von Hunrichs herrühren, findet man jedesmal den doppelten Thorverschlufs, auch kommt derselbe in den Niederländischen Sielen häufig vor. Der Nutzen dieser Anordnung besteht darin, dafs man bei ungewöhnlich hohen Fluthen und besonders wenn die Thore schon etwas schadhaft sind, den starken Wasserdruck vertheilen, und sonach die Gefahr für jedes Thor wesentlich vermindern kann. Aufserdem wird hierdurch auch die Gelegenheit geboten, die schadhaften Thore herauszunehmen und in Stand zu setzen, ohne dafs die Auswässerung des Sieles unterbrochen werden darf, weil während dieser Zeit noch das andre Thorpaar in Wirksamkeit bleibt.

Man darf indessen diese Vortheile des doppelten Thor-Verschlusses nicht zu hoch anschlagen, denn zunächst ist das Aus- und Einhängen der innern Thore, die im Siele selbst liegen, viel mühsamer, und bei dem Mangel an Licht kann sogar die Untersuchung derselben nicht so sicher vorgenommen werden, als die der äufsern Thore. Sodann täuscht man sich aber auch, wenn man glaubt, dafs bei dieser Einrichtung das zweite Thorpaar in Wirksamkeit treten soll, sobald das erste unter hohem Wasserdrucke gebrochen ist. Wenn nämlich alle vier Flügel so gestellt sind, dafs sie durch den

enden Strom gefafst und geschlossen werden können, so ge-
t dieses dennoch nicht, weil das eine immer etwas bewegli-
als das andre ist. Schon bei einem Thorpaare schliefsen sich
eiden Flügel nie gleichzeitig, vielmehr bleibt einer jedesmal
r geöffnet, als der andre, und bedarf zu seiner Bewegung schon
stärkeren Stromes, der sich erst später einstellt. Bei zwei
paaren geschieht dasselbe. Dasjenige Paar, dessen beide Flü-
am beweglichsten sind, schliefst sich zuerst. Hierdurch wird
der eingehende Strom vollständig unterbrochen, und sonach
ıen die Flügel des andern Paares sich nicht mehr schliefsen.
te alsdann, nachdem die Fluth schon hoch angewachsen ist, ein
gel des in Wirksamkeit getretenen Thores brechen, so würde
r der starke hereinstürzende Strom augenblicklich die Flügel des
iten Thores fassen und schliefsen, aber die Heftigkeit des Stofses
de sie auch gleichzeitig zertrümmern. Hierzu kommt noch, dafs
Hoffnung, das zweite Thorpaar könne die Fluth abhalten, wenn
h das andre gebrochen ist, leicht Veranlassung giebt, dafs man
allende Beschädigungen in den Thoren unbeachtet läfst. Aus
en Gründen dürfte ein einzelnes Thorpaar, das unbedingt den vol-
Wasserdruck abhalten mufs, und welches deshalb auch immer
guten Stande erhalten wird, zweckmäfsiger sein, als der dop-
te Verschlufs.

Es giebt noch einen andern Umstand, der gleichfalls gegen den
ppelten Verschlufs der Siele spricht. Wenn man nämlich bei
er in Aussicht stehenden hohen Fluth den Druck auf beide Thor-
are vertheilen will, so stellt man die äufsren Thore so, dafs
vom eingehenden Strome nicht gefafst werden. Es schliefsen
h alsdann die innern Thore, und wenn dieses geschehn ist, so
ınt man mittelst Hacken auch die äufsern an ihre Schlagschwel-
a an. Diese erleiden nun, wenigstens Anfangs, keinen Druck, der
e fest geschlossen hält. Sie schliefsen und öffnen sich daher bei
der anschlagenden Welle, je nachdem ein Wellenkamm oder ein
hal sich unmittelbar vor ihnen befindet. Dabei dringt fortwäh-
end soviel Wasser ein, als dem inzwischen erfolgten Steigen der
'luth entspricht. Die Verhältnisse ändern sich daher nicht, und
ede Welle wirft die Thore zu, während sie unmittelbar darauf sich
wieder öffnen. Dieses S c h l a g e n d e r T h o r e, das bei heftiger
Wellenbewegung sehr stark und nachtheilig ist, setzt sich so lange

fort, bis endlich das Siel hoch vom Wasser bedeckt ist, und die Wirkung der Wellen in der gröſsern Tiefe weniger stark wird.

Bei Sielen, die nicht überdeckt sind, ist dieser Uebelstand noch gröſser, weil das Zuschlagen bis zum höchsten Wasser nicht aufhört, und selbst während der ersten Ebbe noch fortdauert. Es leuchtet aber ein, daſs in diesem Falle die innern Thore dem vollen Drucke ausgesetzt bleiben, und von den äuſsern gar nicht unterstützt werden. Bei dem 1846 in der Herrschaft Varel erbauten offenen Siele zeigte sich dieses Schlagen der Thore in so groſsem Maaſse, daſs für die äuſsern Thore bei heftigen Winden augenscheinliche Gefahr eintrat, und man sich gezwungen sah, den Wasserstand zwischen beiden Thorpaaren dadurch zu senken, daſs man in den innern Thoren eine Menge Bohrlöcher anbrachte, durch welche das Seewasser in das Binnenland abfloſs. Hierdurch erzeugte sich bald ein starker Druck gegen die äuſsern Thore, der das Aufgehn derselben verhinderte. Bei Schiffsschleusen, die dem Wellenschlage ausgesetzt sind, stellt sich der Druck gegen die äuſsern Thore sehr schnell ein, wenn man die Schütze der innern Thore öffnet, und dadurch den Wasserstand in der Kammer etwas senkt. Alsdann bleiben die äuſsern Thore fest geschlossen, wenn auch die Schütze wieder herabgelassen werden.

Die erwähnten Umstände, verbunden mit den bedeutenden Mehrkosten, welche sowol die Anlage, als Unterhaltung des zweiten Thorpaares nebst den zugehörigen Schlagschwellen, Thorkammern u. dgl. verursacht, gaben Veranlassung, daſs man vor etwa 30 Jahren im Oldenburgischen von der frühern Methode abging, und die Siele nur mit einem Thorpaare, nämlich an der äuſsern Seite versah. Man fand sich hierzu um so mehr veranlaſst, als bei dieser Anordnung eine Instandsetzung der Thore noch sehr sicher erfolgen konnte, wenn dieselbe bei günstiger Witterung und nicht gerade zur Zeit der Springfluthen vorgenommen wurde. Es ist nämlich bei der hohen Lage der dortigen Marschen, und besonders wenn die Bewohner hiervon vorher benachrichtigt sind, ohne wesentlichen Nachtheil, wenn auch eine Fluth durch das geöffnete Siel in das Binnenland einflieſst. Dadurch wird nur der Wasserstand in den Gräben gehoben, ohne daſs die Wiesen inundirt werden. Der gröſste Uebelstand, der sich hierbei zeigt, beruht darin, daſs die Gräben sich mit Seewasser anfüllen, doch kann man dasselbe von den klei-

ı Wasserläufen absperren, welche die Weiden durchschneiden und grenzen, und sonach findet das Vieh, der eintretenden Fluth ohnachtet, in diesen noch süfses Wasser. Längere Zeiten hindurch lfen die Siele indessen nicht geöffnet bleiben, und jedenfalls müsn beim zweiten niedrigen Wasser die Thore wieder eingehängt sein.

Die Ansicht, dafs das zweite Thorpaar entbehrlich sei, die vorgsweise von dem damaligen Deichgräfen Burmester ausging und rtheidigt wurde, hat indessen später Widerspruch gefunden, und genwärtig ist man auch davon zurückgekommen, indem man wieder le Siele mit doppeltem Thorverschlufs, wie zu Hunrichs Zeiten erbaut. Manche Erfahrungen sollen den Nutzen dieser ältern Einrichngen herausgestellt haben, und bei geregelter Aufsicht und Behandlung der Siele, deren jedes unter einem besonderen Wärter steht, lassen die oben erwähnten Uebelstände sich auch leicht umgehen. Das eine Thorpaar, und gemeinhin das innere, wird jedesmal festgestellt, so dafs es sich nicht von selbst schliefst, die Wirksamkeit des Sieles beruht also in gewöhnlichen Fällen allein auf den äufsern Thoren. Bei hohen Fluthen dagegen schliefst der Wärter auch die innern Thore und vertheilt dadurch den Wasserdruck auf beide.

Die einfachsten Siele sind die sogenannten Pumpsiele, die bei mäfsiger Weite und Höhe nur aus hölzernen Rinnen bestehn, die an der äufsern Seite durch eine Klappe geschlossen werden. Fig. 36 zeigt ein solches in dem Längendurchschnitte und in der Ansicht von vorn. Zuweilen sind sie noch einfacher construirt, und bestehn nur aus hölzernen Röhren, oder aus solchen Rinnen, die ohne Rahmen, aus vier Bohlen zusammengesetzt sind. In diesem Falle heifsen sie Sichter. Die Anwendung gufseiserner Röhren würde für diesen Zweck auch vortheilhaft sein, weil sich dabei ein besonders dichter Schlufs leicht darstellen läfst, doch müfste eine Art der Zusammenstellung gewählt werden, wobei eine Durchbiegung möglich bliebe, ohne die Wasserdichtigkeit der Fugen aufzuheben.

Die Figur stellt ein Pumpsiel der gröfsten Art dar. Seine Construction bedarf keiner nähern Beschreibung. Es ruht nicht auf Pfählen, sondern nur auf zwei Schwellen, welche an der Senkung des Erdreiches Theil nehmen, und durchbiegen, falls der Untergrund unter der Last des Deiches ausweichen sollte. Der äufsere Theil

oder das Vorsiel ist mit einem Bohlenboden versehn, der von
leichten Pfahlwerke getragen wird, zuweilen bringt man auch
der Schwelle, gegen welche die Klappe sich lehnt, eine Spun
an, und diese Anordnung rechtfertigt sich in sofern, als diese
wegen der geringen Höhe der Aufschüttung noch nicht stark
stet wird, sich also nur mäfsig setzt. Zwei hölzerne Flügel
halten vor der Rinne die Erde zurück. Die Klappe, in seh
facher Weise aus Bohlen zusammengefügt, hängt an zwei ei
Bändern, und öffnet sich, sobald der Druck des Binnenw
stärker wird, als der des äufsern. Indem sie sich aber niemal
erhebt, so wird die Oeffnung immer nur in geringem Maafs
und daher ist die Auswässerung nicht so kräftig, als die Wei
Rinne dieses erwarten läfst.

Wenn die lichte Weite der Siele nur 8 Fufs oder noch
ger beträgt, so pflegt man nicht leicht Stemmthore anzubringe
dern dafür einfache Thore zu wählen, die sich an den Rahmen, d
Siel begrenzt, flach anlegen. Ueber diese Einrichtung ist
hinzuzufügen, da die Construction von der der gröfsern Sie
nicht wesentlich unterscheidet.

Die Stemmthore der gröfsten Siele werden oft wie S
senthore zusammengesetzt. Jedes derselben besteht alsdann a
Wendesäule, der Schlagsäule, den beiden Rahmen, mehrere
geln, der Strebe und der Bohlenverkleidung nebst den zugel
eisernen Bügeln, Winkelbändern u. dgl. Die Wendesäule
untern Ende meist mit einer Pfanne versehn, die auf einen
nen Zapfen ruht, oben dagegen läuft sie in einen cylindrische
aus, der von einem Halsbande umfafst wird. Letzteres i
schiedenartig eingerichtet, und die Eigenthümlichkeiten, die b
Halsbändern der Schleusenthore vorkommen, wiederholen sic
bei denen der Thore in den Sielen. Bei diesen mufs
für eine leichte Lösung und Wiederbefestigung des Halsban
sorgt werden, da man oft gezwungen ist, in der kurzen Zw
zeit, während die Strömung im Siele umsetzt, ein schadhafte
herauszunehmen und dafür ein neues einzuhängen. Die Einri
welche Fig. 37 zeigt, wiederholt sich vielfach. Dabei beste
Halsband nur aus einem eisernen Bügel, der durch den obern S
balken hindurchgezogen, und am hintern Ende durch Schr
muttern oder, was noch bequemer ist, durch durchgesteckte

igt wird. Es ist dabei ohne Nachtheil, wenn durch die Bügel der Hals der Wendesäule auch nicht in unmittelbare hrung mit dem obern Drempel gebracht wird, denn dieses geht schon sehr sicher, sobald der Wasserdruck sich einstellt. Bügel oder das Halsbald mufs dagegen das Ausweichen des res in der Richtung der Drempel vollständig verhindern, weil st die beiden Thore, wenn sie geschlossen sind, sich nicht mehr ühren, und eine offene Fuge zwischen ihnen bleiben würde, durch che das Hochwasser fortwährend einströmen könnte.

Die angedeutete Construction, welche mit der der gewöhnlichen leusenthore übereinstimmt, beruht indessen auf einem gegenseien Stemmen oder Streben der Thore, das hier nicht stattfindet, il die Thore sich nicht nur unten an die Schlagschwelle, sondern ch oben an den Schlagrahm anlehnen. Die Durchbiegung kann ier nicht so stark werden, dafs man, um dieselbe zu verhindern, e Wendesäulen gegen scharf anschliefsende Wendenischen stellen üste, wobei die Riegel des Thores in Anspruch genommen würn. Wenn jedes Thor sowol oben, als unten, und zwar in der nzen Breite unterstützt wird, so kommt es nur darauf an, die urchbiegung in der halben Höhe zu verhindern, und dieses geschieht am einfachsten und sichersten, wenn das Thor aus senkrechten Bohlen oder Halbhölzern zusammengesetzt wird. Eine olche Verbindung wird auch vorzugsweise von Hunrichs*) empfohlen, und derselbe hat sie ausschliefslich bei den Sielbauten in Oldenburg angewendet, wovon man jedoch später abgegangen war.

Fig. 38, *a* und *b* zeigt ein solches Thor in der äufsern und der innern Ansicht. Die Bohlen, aus welchen es besteht, müssen hinreichend stark sein, um dem Wasserdrucke den nöthigen Widerstand leisten zu können, und hierbei kommt, wie bekannt, die Länge, auf welche sie frei liegen, wesentlich in Betracht. Für niedrige Siele genügt es, nur vierzöllige Bohlen zu verwenden, für höhere mufs die Stärke dagegen mindestens 6 Zoll betragen. Den beiden äufsern Hölzern, welche die Stelle der Wendesäulen und Schlagsäulen vertreten, giebt man aber eine gröfsere Stärke. Die Bohlen werden weder mit Spundung versehn, noch gefalzt, sondern nur stumpf zusammengesetzt. Dagegen bringt man in den Fugen höl-

*) Im bereits benannten Werke. I. Seite 321 ff.

zerne Dübel an, die in cylindrischen Zapfen bestehn, und in j
Bohlen eingreifen. Zuweilen werden statt derselben auch (
Dübel benutzt. Zur Dichtung der Fugen wendet man get
Fliefspapier an, und treibt die Hölzer fest zusammen, inde
Dübel vorläufig schon einigen Zusammenhang darstellen. Z
chern Verbindung der einzelnen Bohlen dienen vorzugswei
Riegel mit der dazwischen eingesetzten Strebe. Jede Bohle
jedem Riegel durch zwei Bolzen verbunden, und man pfleg
tere nicht mit Schraubenmuttern zu versehn, die wegen der
ten Umgebungen doch bald durch den Rost so festgehalten w
dafs sie nicht nachgezogen werden können, vielmehr werde
förmige Splinte durch die Bolzen gesteckt, die sich gegen Sc
lehnen und so oft es nöthig ist, nachgetrieben werden. Auß
sind daran noch zwei eiserne, in das Holz eingelassene Büg
gebracht, die das Thor in seiner ganzen Breite sowol oben, w
ten umfassen. Endlich wäre noch darauf aufmerksam zu m
dafs in Fig. *b* die in das Hirnholz eingelassene eiserne Fede
bar ist, welche mit ihrem aufwärts gebogenen Arme die S
bildet, wogegen das Halsband sich lehnt. Hierdurch wird de
ken Abnutzung des Halses der Wendesäule vorgebeugt.

Indem die Sielthore sowol bei der einen, wie bei der
Construction einen dichten Schlufs darstellen, ohne mit ihren S
säulen sich gegen einander zu stemmen, so ist es auch zu
diese Stemmung ganz aufzugeben und die beiden Schlagsc
len in dieselbe Vertikal-Ebene zu legen. Dieses geschieht w
wenn das Schlaggebinde, wie bei hölzernen Sielen oft der F
durch einen Mittelständer in zwei Theile zerlegt wird. An
Mittelständer schliefst sich in solchem Falle eine Mittelwand a
zur Unterstützung der Decke dient. Alsdann besteht das S
gentlich aus zwei besondern Sielen, die unmittelbar neben ei
liegen, und von denen jedes durch ein einfaches Thor gesc
wird.

Wenn dagegen der Mittelständer fehlt, also die gesch
Thore sich unmittelbar berühren müssen, um den wasser
Schlufs darzustellen, so würden sie nur in dem Falle in einer
stehn dürfen, wenn auch ihre Drehungs-Achsen in derselben
angebracht werden könnten. Diese Bedingung gründet sich
dafs bei der gewöhnlichen Lage der Achsen dasjenige Thor, d

ten geöffnet bleibt, sich nicht mehr an die Schlagschwellen an-
:n kann, vielmehr durch das bereits geschlofsne Thor hieran
indert wird. Wenn man nämlich von der Drehungs-Achse die
ellinie an die gegenüberstehende schmale Seite des Thores zieht,
st diese zugleich der Abstand von dem bereits geschlofsnen Thore.
Entfernung der Achse von der innern Kante der Schlagsäule ist
r als Hypotenuse des rechtwinkligen Dreiecks etwas länger, und
ch findet diese Kante bei der Drehung des Thores nicht mehr
nöthigen freien Raum, und kann sich daher nur an das bereits
hlofsne Thor anlehnen. Vor den Schwellen bleibt also eine
e Fuge offen, durch welche das Wasser bei steigender Fluth in
Siel eindringt. Auch in dem Falle, dafs beide Thore gleiche
eglichkeit haben, und gleichzeitig sich schliefsen, stofsen schon
der Berührung der Schwellen die beiden innern Kanten der
gsäulen zusammen und stemmen sich gegeneinander, wodurch
elbe Uebelstand veranlafst wird, der wegen der Heftigkeit der
- und abwärts gerichteten Wasserstrahlen für die Siele sehr ge-
lich sein würde. Die obige Bedingung, dafs die Drehungs-Achsen
die Ebene der Schlagschwelle, oder vielleicht noch über diese
us versetzt werden müssen, ist schwer zu erfüllen, weil alsdann
röpfte eiserne Achsen angewendet werden müfsten und die ganze
struction ihre Einfachheit verlieren würde.

Man vermeidet dieses, indem man die beiden Schlagschwellen
sehr stumpfen Winkeln zusammenstofsen läfst, und zwar ist der-
be viel stumpfer, als bei den Drempeln der gewöhnlichen Schiffs-
leusen. Das erwähnte gegenseitige Klemmen der Thore wird
i den üblichen Dimensionen derselben schon vermieden, wenn in
gleichschenkligen Dreiecke, welches die Schwellen bilden, die
e dem sechszehnten Theile der Basis gleich ist. Man pflegt in-
en, um ganz sicher zu sein, ein etwas gröfseres Verhältnifs an-
ehmen, und gewöhnlich mifst die Höhe den zwölften bis achten
il der Basis.

In den Niederländischen Sielen, besonders in denjenigen, die
ere Oeffnungen haben, pflegen die Thore wie Schleusenthore zu-
mengesetzt zu sein. Hierbei verdient eine eigenthümliche Ein-
ng des obern Schlaggebindes noch erwähnt zu werden, die
40 darstellt. Bei Schärdamm in der Nähe von Hoorn in Nord-
d befindet sich ein Siel, das zugleich als Schiffsschleuse dient,

und dessen Thore über den höchsten Wasserstand herüberrei
Die Schiffe können indessen nicht mit stehenden Masten hind
gehn, sondern diese müssen wegen der festen Brücke, die auf
Deiche erbaut ist, niedergelegt werden. Von diesem Umstand
man Gebrauch gemacht, um die Schlagsäulen der äufsern T
wenn letztere geschlossen sind, noch im obern Theile zu untersti
Vor der Brücke und in Verbindung mit derselben befindet sich
lich die in der Figur gezeichnete Verstrebung, die der gewi
chen Zusammensetzung der Schlagschwellen nicht unähnlich ist
aber dadurch von dieser unterscheidet, dafs die Streben nich
gleich die Schwellen sind, an welche sich die Thore anlehnen,
mehr geschieht dieses nur gegen den Kopf des Binders. Die
dieses Siels mifst etwa 22 Fufs.

In Betreff der Befestigung der Thore ist noch der Aufh
zu erwähnen, gegen welchen das geöffnete Thor sich lehnt,
es sich von selbst sogleich schliefsen soll, wie die Strömung i
Siel tritt. Fig. 37 und 39 zeigen diese Vorrichtung. An einer
rechten eisernen Achse befindet sich ein horizontaler Arm, de
einem Knopfe versehn, und durch eine Strebe unterstützt ist.
gen den Knopf lehnt sich das Thor, und damit der Aufhalter
Stellung nicht ändert, so wird er seitwärts durch einen Hacke
halten. Wenn dagegen das Thor nach sehr starkem Regen
im Frühjahre ganz zurückschlagen soll, um das Durchflufsprofil
zu beschränken; so wird der erwähnte Hacken gelöst und de
halter flach an die Wand gedreht, worauf auch das Thor sich
ständig öffnet, jedoch bei der nächsten Fluth durch den Wärt
schlossen werden mufs, weil dieses nicht mehr durch die Strö
geschehn kann. Dieses Zurückdrehn der Aufhalter nennt ma
Aufsperren der Thore.

Was die Anordnung und Construction der Siel
trifft; so verdienen ohne Zweifel die im Oldenburgischen gesa
ten Erfahrungen und gewählten Einrichtungen vorzugsweise Be
sichtigung, wo wegen der Höhe der Fluthen eine grofse Vorsicht
wendig ist, und man seit hundert Jahren diesem Gegenstande
besondere Aufmerksamkeit gewidmet hat. Der Sielbau ist bis
heutigen Tage noch nicht gründlicher behandelt worden, als
bereits im vorigen Jahrhunderte durch den Deichgräf Hunric
Oldenburg geschehn ist. Das bereits angeführte Werk dess

so wichtiger, als der Verfasser den Gegenstand aus Erfah-
hr genau kannte, und eine Menge Siele, die er erbaut hat,
, noch gegenwärtig und sind fortdauernd in Wirksamkeit.
ch wird es sich rechtfertigen, wenn bei Beschreibung dieser
rke zunächst diejenigen Anordnungen bezeichnet und erörtert
n, welche Hunrichs empfohlen hat. Die Mittheilung andrer
hten und Einrichtungen soll demnächst folgen.

Unter Siel versteht man eigentlich nicht den ganzen Bau, son-
nur denjenigen Theil, der mit einer Decke versehn und mit
überschüttet ist. Zu demselben gehören jedenfalls die Thore
en Schlaggebinden. Die offenen Theile der Rinne, oder die
lwände oder Flügelmauern nebst den dazwischen befindlichen
n heifsen Vorsiele. Das äufsere Vorsiel ist auswärts, und
nnere landwärts gekehrt. Das eigentliche Siel zerfällt wie-
n zwei oder drei Theile. Das Hauptsiel, das man gern un-
lie Krone des Deiches legt, oder doch wenigstens so, dafs es
r ganzen Länge nach von einer hohen Erdschüttung überdeckt
, umfafst den zwischen beiden Thorpaaren befindlichen Raum.
äufsere Siel ist der Theil des Sieles, der seewärts vor den
rn Thoren liegt, und das innere Siel landwärts vor den in-
Thoren. Das in Fig. 39 dargestellte Siel, das im Holstein-
n unter Woltman's Leitung ausgeführt wurde, hat sonach weder
res Siel, noch Hauptsiel, sondern besteht eigentlich nur aus
innern Siele. Das äufsere Siel fehlt jedesmal, so oft das vordere
paar an der äufsern Seite des Sieles angebracht ist, und die
el desselben in das äufsere Vorsiel treten. Diese Einrichtung
ihrt zwar den grofsen Vorzug, dafs man das Spiel der Thore
er bequem beobachten und dieselben, so oft es nöthig ist, leich-
ausbessern kann, sie darf indessen nicht gewählt werden, wenn
Decke des Sieles nicht vollständig gesichert erscheint, und ein
chbruch des Wassers durch dieselbe zu besorgen ist. Hiernach
gt bei denjenigen Sielen, die nur mit Bohlendecken versehn sind,
vordere Thorpaar weiter zurückgesetzt oder ein äufseres Siel
ebracht zu werden.

Die hölzernen Siele zerfallen in zwei Classen, nämlich in Stän-
- und Balken-Siele. Fig. 41, *a*, *b* und *c* zeigt ein Ständer-Siel
Grundrisse, so wie auch im Längen- und im Querdurchschnitte.
e Thore liegen bei demselben nach Hunrichs Vorschrift jedesmal

im Innern, weil die Decke nur durch einen Bohlenbelag g[illegible] wird. Diese Siele werden gemeinhin nicht auf einen Pfahlr[illegible] stellt, doch pflegt man unter den Schlagschwellen schwache [illegible] wände anzubringen, die indessen nicht so fest gerammt sin[illegible] sie das Sacken des ganzen Siels verhindern könnten. An d[illegible] fsern Enden der Vorsiele und namentlich des äufsern Vorsie[illegible] finden sich aufserdem noch zwei Quer-Spundwände oder [illegible] stens eine.

Der Boden, so wie die Decke und die Seitenwände dies[illegible] les sind nur durch Bohlen gedichtet, und da rings umher bei [illegible] Wasserstande der Druck von aufsen nach innen gerichtet [illegible] müssen in geringem Abstande Rahmen von Balkenholz ein[illegible] werden, wogegen die Bohlen sich lehnen. Die Abstände [illegible] Rahmen, die man **Gebinde** oder **Joche** nennt, betragen b[illegible] teren Sielen nur 2 Fufs von Mitte zu Mitte, und indem si[illegible] unten und seitwärts vortreten, so darf man die lichte Wei[illegible] Höhe des Sieles nicht nach den Bohlenwänden, sondern ma[illegible] sie nach den innern Flächen dieser Gebinde bestimmen. [illegible] Bohlen, welche den Boden bilden sollen, gehörig verlegen, [illegible] gen und dichten zu können, müssen Querbalken darunter ge[illegible] werden, und damit diese wieder ein sicheres Lager erhalten, [illegible] man über den gehörig geebneten und festgerammten Bod[illegible] Baugrube zunächst zwei Schwellen, die gewöhnlich noch auf [illegible] Unterlagen ruhn. Die weitere Construction ergiebt sich m[illegible] [illegible] Vollständigkeit aus den Figuren, und es ist dal[illegible] [illegible] Umstande aufmerksam zu machen.

Die [illegible] und selbst die Querbalken dürfen nic[illegible] [illegible] muſs der Raum darunter mit zäher Klaierd[illegible] [illegible] und letztere angestampft werden, so dafs jed[illegible] [illegible] überall fest aufliegt. Die Bohlen [illegible] [illegible] noch mit Falzen versehn, sondern nur [illegible] [illegible] und wenn sie nicht gan[illegible] [illegible] in dem nassen und feuchte[illegible] [illegible] schliefsen, und ein [illegible] [illegible] von Werg entl[illegible] [illegible] in den Nied[illegible] [illegible] man weniger, ein mäfsiges [illegible] [illegible] ohne Nachtheil ist, [illegible]

ehr die Ausbildung von Wasseradern in der Erdschüttung ver-
ern will, die nach und nach in bedenklicher Weise sich erwei-
und sogar den Bruch des Deiches veranlassen können, wenn
nicht bei Zeiten den Schaden wieder herstellt. Die Erkennung
her Quellen ist bei dem Mangel an Licht im Innern des Sieles
ht leicht, und man ist immer geneigt, das Eindringen des See-
ssers der Undichtigkeit der Thore zuzuschreiben, die allerdings
häufigsten hierzu Veranlassung giebt. Man darf indessen nicht
terlassen, sobald das Siel zur Zeit des Hochwassers sich undicht
igt, dasselbe beim Scheine von hellbrennenden Lichtern oder
ckeln genau zu untersuchen, und wenn man im Innern, sei es
Boden, oder der Decke, oder den Seitenwänden Stellen ent-
eckt, durch welche Wasser hineinfliefst, die also auf freie Wasser-
lern im Deiche schliefsen lassen, diese durch eingetriebenes Werg
Mennigst wieder zu dichten.

Die erwähnten Gebinde werden, wie Fig. 41 *b* und *c* zeigen,
ich durch Bänder verstärkt, welche vorzugsweise das Verziehen
nd das Ueberweichen des Sieles nach einer Seite verhindern sol-
n. Aufserdem dienen sie aber auch zur Unterstützung der Deck-
alken. In der Nähe der Thore mufs man sie fortlassen, weil sie
as Aufgehn derselben verhindern und zugleich das Durchflufsprofil,
as hier schon stark beschränkt ist, noch mehr beengen würden.
Aufserdem ist zu bemerken, dafs man die obern und untern Rahme
er Gebinde an den Seiten etwas einschneidet, damit die Stiele oder
Ständer sich an Brüstungen lehnen, und nicht allein durch die Zap-
en gegen das Verschieben gesichert werden.

An denjenigen Stellen, wo die Thore sich befinden, sind statt
er gewöhnlichen Gebinde stärkere angebracht, die man Schlag-
gebinde nennt. In ihrer Zusammensetzung sind sie den so eben
eschriebenen gleich, nur greifen die Verbandstücke mit doppelten
Zapfen in einander, und die Bänder fehlen auch hier, weil dadurch
las Profil noch mehr verengt werden würde. Der Bohlenbelag setzt
ich rings um diese Gebinde in gleicher Art fort, wie um die an-
lern. Die gröfsere Holzstärke tritt sonach an der innern Seite vor
nd bildet den nöthigen Raum zum Anschlage der Thore. In die
eiden Seitenstiele werden die Wendenischen eingeschnitten, und in
lem obern und untern Rahme befinden sich die unter einem sehr
tumpfen Winkel zusammenstofsenden Flächen, gegen welche die

Thore sich lehnen. Man mufs zu den letzten Verbandstücken hochkantiges Holz nehmen, dafs nicht nur der Anschlag für Thore, sondern auch der nöthige Spielraum zwischen diesen den obern und untern Rahmen der nächsten Gebinde sich darst. Zur Unterstützung des Schlaggebindes dienen endlich, wie die guren zeigen, noch zwei starke Streben, die an die nächsten Sch gebolzt und auf die vierte Schwelle aufgeklaut sind.

Man könnte, ohne die Wirksamkeit des Sieles wesentlich schwächen, dem Binnensiele geringere Breite und Höhe geben, die Gebinde so abmessen, dafs deren lichte Weite und Höhe g oder nahe mit der des Schlaggebindes übereinstimmt. Diese An ordnung würde sich allerdings insofern rechtfertigen, als die Th kammer schon in gleicher Art das Siel verengt. Nichts desto niger würde hierdurch doch immer der Zuflufs etwas ersch werden, auch die ganze Construction ihre Einfachheit verlie Dazu käme noch ein andrer Uebelstand. Die Halsbänder beste nämlich in Bügeln, welche durch den Rahm des Schlaggebindes g steckt und an dessen hinterer Seite durch eingezogene Splinte g halten werden. Bei der angedeuteten Verengung und Erniedrig des Binnensieles würde man zu diesen Splinten nicht gelangen, daher die Thore nicht leicht ausheben und wieder einhängen kö nen, so oft deren Instandsetzung erforderlich ist.

Dafs das Siel zu beiden Seiten und eben so auch oben fettem Thon umgeben und derselbe fest angestampft werden m um jedes Durchdringen von Wasseradern möglichst zu verhind bedarf kaum der Erwähnung. Auffallend ist es indessen hier dafs Hunrichs empfiehlt, man solle die Erde nicht unmittelbar gen das Holz schütten, sondern eine dünne Lage Haidekraut Torf dazwischen einbringen, weil alsdann das Holz nicht so le fault. Obwohl die benannten vegetabilischen Stoffe nicht leich Fäulnifs übergehn, und daher die Bildung des Schwammes we stens nicht befördern, so ist doch von der reinen Thonerde ders Erfolg und zwar noch vollständiger und sicherer zu erwarten. darf indessen nicht unbeachtet lassen, dafs die Klaierde, aus der Watte und Groden an der Oldenburgischen Meeresküste sich bild keineswegs reine Thonerde ist, sondern dieselbe auch vegetabilis und animalische Bestandtheile enthält, die allerdings in nachtheil Weise wirken können. Am meisten ist das Faulen des Ho

immer an denjenigen Stellen zu besorgen, wo zwei Verbandstücke sich berühren, und die Fugen mit stehendem Wasser angefüllt bleiben. Durch sorgfältigen Theeranstrich sucht man diesem Uebelstande zu begegnen, und der Theer dient alsdann zugleich zur Darstellung der erforderlichen Wasser-Dichtigkeit der Bekleidung. Zu dem letzten Zwecke wird zuweilen auch eine feine elastische Zwischenlage namentlich von gehacktem Moose, das man auf den Theer streut, eingebracht. Vorzugsweise hängt der dichte Schlufs der Fugen vom scharfen Zusammentreiben der Bohlen ab, wofür also besonders gesorgt werden mufs.

Damit die angestampfte Erde nicht etwa Höhlungen bilde, indem sie am Herabsinken gehindert wird, so dürfen die Rahmstücke der Gebinde auswärts nicht vor die Bohlenwand vortreten, und die Schwellen reichen, wie Fig. 41 *c* zeigt, auch nur so weit über die letztere hinaus, als die sichere Aufstellung der Stiele dieses fordert.

Ueber die Vorsiele ist zu erwähnen, dafs man bei denselben den Pfahlrost nicht füglich entbehren kann, weil sonst der Boden nicht die nöthige Haltbarkeit haben würde, doch pflegt man nicht unter alle Kreuzungen der Lang- und Querschwellen Pfähle zu stellen, vielmehr geschieht dieses nur etwa unter der Hälfte derselben. Die Seitenwände der Vorsiele bestehn aus gewöhnlichen Bohlwerken, die entweder durch Erdanker gehalten, oder durch Spannbalken gegen einander gestützt werden. Letzteres ist dauerhafter und einfacher; dabei tritt aber der Uebelstand ein, dafs die Schiffe, die bei Hochwasser ankommen, nicht sogleich in das Vorsiel einlaufen und darin den Eintritt des niedrigen Wasserstandes abwarten können, vielmehr schon vorher die Masten niederlegen und so lange aufserhalb bleiben müssen, bis sie unter den Spannbalken den nöthigen freien Raum zum Durchgange finden. Diese Spannbalken sind aufserdem noch der Gefahr ausgesetzt, dafs sie bei stark bewegtem Wasser von den Wellen aufwärts gestofsen und ausgehoben werden. Um dieses zu verhindern, werden sie oft mit leichten Rosten überdeckt, welche durch grofse Feldsteine beschwert werden. In diesem Falle tragen sie zur Mäfsigung des Wellenschlages bei, und das Vorsiel und die Thore sind solchem weniger ausgesetzt.

Dafs auf der Landseite, also im innern Vorsiele, noch ein Schütz angebracht wird, um das zu tiefe Ablaufen des Binnenwassers zu

verhindern, ist bereits erwähnt worden. Dieses Schütz ist auch bei Reparaturen am Siele von grofser Wichtigkeit, weil letzteres bei niedrigen Ebben leicht trocken gelegt werden kann, sobald man den Zuflufs von der Binnenseite absperrt.

Die Einrichtung der Balkensiele ergiebt sich aus Fig. 42 *a*, *b* und *c*, nämlich *a* zeigt den Grundrifs, *b* den Durchschnitt durch die Mittellinie und *c* den Querschnitt. Pfahlroste kommen auch bei diesen Sielen gewöhnlich nicht vor, während nur die Schlagschwellen mit schwachen Spundwänden versehn sind. Sowol die Seiten, als der Boden und die Decke des Sieles bestehn aus Balkenlagen, welche im Innern ebene Flächen bilden, an denen das Wasser nach der Ansicht von Hunrichs weit weniger Widerstand erfährt, als in den Ständersielen. Hunrichs meint daher, dafs bei gleichem Querschnitte und unter übrigens gleichen Umständen ein Balkensiel wirksamer sei. Die Balken liegen überall nur stumpf an einander, doch sind sie in den Berührungsflächen sorgfältig beschlagen und werden scharf zusammengetrieben, um einen dichten Schlufs darzustellen. Aufserdem pflegt man namentlich in den Seitenwänden zwischen den einzelnen Gängen noch eine Verbindung durch eiserne Dübel oder kurze Bolzen darzustellen, welche in je zwei einander berührende Balken einige Zoll tief eingreifen. Die Balken, welche den Boden und die Decke des Sieles bilden, sind nur so lang, als letzteres breit ist, Stöfse kommen daher in ihnen nicht vor. Dagegen sind solche in den Seitenwänden nicht zu vermeiden, und es darf kaum erwähnt werden, dafs sie gehörig abwechseln und durch Bolzen befestigt werden müssen.

Was die Ausführung betrifft, so werden auf zwei Schwellen die Bodenbalken verlegt, nachdem der Raum darunter vollständig ausgefüllt und geebnet ist. Die Schwelle des Schlaggebindes steht soweit über den andern Schwellen vor, dafs der nöthige Raum zum Anschlagen der Thore und der freie Spielraum unter den letzteren sich bildet. In gleicher Art springt das Schlaggebinde auch vor die Seitenwände und die Decke vor. Die Seitenwände werden einige Zolle tief in die Bodenbalken eingelassen, damit sie nicht durch den Druck der Erde und des Wassers hineingeschoben werden, und in gleicher Weise greifen sie auch in die Deckbalken ein. Aufserdem wird für ihre Befestigung noch in andrer Art gesorgt. Sie greifen nämlich mit ihrer halben Stärke, wie Fig. 42 *a* zeigt, in die

Schlaggebinde ein. Dabei ist zu bemerken, dafs in den Balkensielen die äufsern Thore unmittelbar am Vorsiele zu stehn pflegen, und dafs ein drittes starkes Gebinde für das Schütz oder auch wohl zum Einsetzen von Dammbalken sich neben dem innern Vorsiele befindet. Sonach greifen die in Rede stehenden Balkenwände jedesmal mit ihren Enden etwa 4 Zoll tief in die starken Stiele der Schlaggebinde, und überdiefs sind auswärts noch besondere Stiele angebracht, die sich gegen die obere und untere Balkenlage lehnen, und von diesen gehalten werden. An diese Stiele ist ein Balken um den andern mittelst Durchsteckbolzen befestigt. Die Köpfe der Bolzen befinden sich an der äufsern Seite, während sie im Innern durch Splinte angezogen werden, die sich an eiserne Scheiben lehnen. Die Schlaggebinde werden auch hier eben so wie bei Ständer-Sielen durch Streben unterstützt, und bei weiten Sielen geschieht es auch häufig, dafs man Mittelwände anbringt, um das Durchbiegen der obern Balkenlagen zu verhindern. Diese Vorsicht ist um so wichtiger, als die Kopfbänder sich hier nicht anbringen lassen. Noch mufs erwähnt werden, dafs die Balken nicht aus starkem Bauholze bestehn, sondern selbst bei weiten Dimensionen der Siele nur 8 bis 9 Zoll Stärke zu haben pflegen. Auch kommt es gar nicht darauf an, ob sie waldkantig sind, wenn sie sich nur in hinreichend breiten Flächen berühren, um einen dichten Schlufs darzustellen. Zu dem letzten Zwecke werden sie zuweilen sorgfältig behobelt, vortheilhafter ist es aber, nachdem sie schon ziemlich genau bearbeitet sind, jede Fuge mit einer feinen Säge aufzuschneiden, wodurch die Flächen, die sich später berühren sollen, sehr übereinstimmende Formen erhalten. Vor dem Verlegen werden die Balken mit Theer überzogen, und während derselbe noch nafs ist, streut man auf die Flächen, welche die Stofsfugen bilden, fein gehackt trocknes Moos auf, von dem nur eine dünne und ziemlich gleichmäfsig vertheilte Lage am Theer hängen bleibt. Ein scharfes Zusammentreiben der Balken beim Anbolzen derselben ist endlich Haupt-Erfordernifs.

Hunrichs äufsert sich über die Vorzüge der Ständer- und Balken-Siele in der Art, dafs die ersteren, so lange sie sich noch in gutem Stande befinden, eine gröfsere Steifigkeit, als die letzteren besitzen, und deshalb nicht nur in geringerem Maafse unter der Last des Deiches der Länge nach durchbiegen, sondern auch vor

einer Form-Veränderung des Querschnittes weit mehr gesichert sind. Diese Vorzüge sind besonders von Bedeutung, wenn das Siel große Dimensionen hat, also zugleich zum Durchgange von Schiffen dient. Hiernach wird die Anwendung der Ständersiele in solchem Falle empfohlen, sowie auch bei wenig haltbarem Untergrunde, wenn man das Siel nicht auf einen Pfahlrost stellen will. Letzterer mufs unter übrigens gleichen Umständen und bei gewisser Beschaffenheit des Bodens unter dem Balkensiele schon angewendet werden, während er unter dem Ständersiele noch fehlen darf.

In allen sonstigen Beziehungen hat das Balkensiel den Vorzug vor dem Ständersiele. Schon die Anlagekosten stellen sich für jenes merklich niedriger. Die Masse des Holzes, das in beiden verwendet wird, ist ziemlich dieselbe, wenn beide gleiche lichte Weite haben. Bei dem Balkensiele tritt aber der Vortheil ein, dafs die Zusammensetzung viel einfacher ist, also die Arbeit weniger kostet, und sodann kann man bei diesem ohne Nachtheil auch schwächeres und waldkantiges Holz verwenden, während beim Ständersiele sowol die Verbandstücke, als die Bohlen, aus tadellosen und starken Stämmen geschnitten werden müssen, wobei man sich gewöhnlich sogar auf Eichenholz beschränkt. Hierzu kommt noch, dafs die Unebenheiten der innern Wandflächen eines Ständersieles so starke Reibung veranlassen, dafs, nach Hunrichs, in den nächsten Schichten von 1 bis 1½ Fufs Breite gar keine Strömung eintritt. Derselbe fügt hinzu, dafs ein Ständersiel von 14 bis 15 Fufs lichter Weite nicht mehr leistet, als ein Balkensiel von 12 Fufs Weite. Die Richtigkeit dieser Behauptung wird indessen nicht näher nachgewiesen, und dürfte wohl mehr als zweifelhaft sein, vorausgesetzt, dafs die lichte Weite der Ständersiele zwischen den Ständern gemessen wird.

In der Unterhaltung hat das Balkensiel unverkennbare Vorzüge vor dem Ständersiele. Je schwächer das Holz an sich ist, um so eher mufs es bei eintretender Fäulnifs erneut werden. Die Bohlen sind daher weniger dauerhaft, als die Balken. Vorzugsweise treten die Beschädigungen aber in denjenigen Theilen der Wände ein, die am häufigsten benetzt und wieder trocken werden. Das Einziehn neuer Bohlen im Ständersiele ist aufserordentlich schwierig, und man mufs sich bei Beschädigungen, die keine weite Ausdehnung haben, damit begnügen, dafs man die schadhafte Stelle

n innen verkleidet und ein neues Gebinde davor stellt. Man nn auch ein einzelnes Gebinde ausnehmen, und dadurch den haden etwas vollständiger beseitigen, worauf ein oder zwei neue ebinde eingesetzt werden. Eine gründliche Wiederherstellung ist loch immer nur möglich, wenn der Deich abgegraben wird, so ls man von aufsen zur schadhaften Stelle gelangt. Bei Balnsielen verhält sich dieses anders. Sollte nämlich ein Balken rfault sein, so kann man ihn durch Abspalten vollständig beseigen, und einen neuen, der etwas keilförmig zugeschnitten ist, wieer eintreiben, auch mittelst der Bolzen an die dahinter angebrachn Ständer befestigen, Beschädigungen der Decke sind gleichfalls i Balkensielen viel leichter auszubessern.

Später versuchte man im Oldenburgischen, die Construction der tänder- und Balken-Siele so mit einander zu verbinden, afs die Vorzüge beider vereinigt, und Bauwerke dargestellt wurn, die bei grofser Solidität dennoch in denjenigen Theilen, die n meisten zu leiden pflegen, leicht erneut werden konnten. Naentlich geschah dieses vor vierzig Jahren, als Burmester Deichgräf rar. Fig. 43, *a*, *b* und *c* zeigt eine solche Anordnung im Grundisse, so wie im Längen- und Quer-Durchschnitte. In dieser Weise rurden die beiden Siele in den Mündungen der Wapel und Jade rbaut, von denen bereits die Rede war. Die hier gewählte Anrdnung weicht auch noch in andrer Beziehung von den bisher behriebenen ab. Zunächst ruht nämlich das ganze Siel auf einem Pfahlroste, indem der Länge nach drei Pfahlreihen sich unter demelben hinziehn. Veranlassung dazu gab theils der Umstand, dafs lie Siele in die alte Balje oder Rille gestellt werden mufsten, wo ler Boden sehr lose und schlammig war, theils aber hatte man auch die Erfahrung gemacht, dafs manche ältere Siele, die sich übrigens noch in brauchbarem Zustande befanden, wegen des Sinkens des Untergrundes stark durchgebogen und dadurch so schadhaft geworden waren, dafs sie umgebaut werden mufsten. Man war damals zu der Ueberzeugung gekommen, dafs man auf dem gewöhnlichen Marschboden, der neu eingedeicht, also noch nicht vollständig comprimirt ist, überhaupt kein gröfseres Siel ohne Pfahlrost bauen dürfe. Hiernach war keine Veranlassung, die Baustelle etwas seitwärts in esteren und höheren Boden zu verlegen, was leicht möglich gewesen wäre. Aufserdem wich man auch in Beziehung auf die Thore

noch wesentlich von der älteren und bei gröfseren Sielen allgemein üblichen Anordnung ab, und versah das Siel nur mit einem Thorpaare, das in das äufsere Vorsiel aufschlug. Die Gründe dafür sind bereits oben angegeben.

Der Boden dieses Sieles unterscheidet sich von dem früher beschriebenen dadurch, dafs die Bohlen nur auf Querschwellen oder Zangen aufgenagelt sind. Sie können deshalb ohne Zweifel nicht so sicher dem Wasserdrucke widerstehn, der sie von unten trifft, aber dafür bietet die starke Spundwand unter dem Schlaggebinde auch mehr Schutz gegen das Entstehn von Wasseradern, und insofern ein Pfahlrost angewendet wurde, so war der Untergrund auch mehr comprimirt. Durch kräftiges Abrammen der zwischen die Rostschwellen und Zangen angeschütteten Erde ist aufserdem die Wasserdichtigkeit des Bodens noch vermehrt. Der Vorzug dieser Anordnung beruht darauf, dafs man, falls einzelne Bohlen schadhaft werden, dieselben sehr leicht durch andre ersetzen kann. Diese Bohlen sind 5 Zoll stark, leisten also hinreichenden Widerstand, und auf ihre Befestigung wurde grofse Sorgfalt verwendet.

Die Seitenwände bestehn theils aus Balken und theils aus Ständern. Die letzten sind auswärts mit Bohlen bekleidet. Die Erfahrung hatte nämlich ergeben, dafs die Ständer immer am meisten an denjenigen Stellen litten, die etwas über den gewöhnlichen Ebben sich befinden, weil hier der Wechsel der Benetzung und Austrocknung am häufigsten eintritt, und zur Zeit der warmen Witterung am nachtheiligsten ist. Man suchte sonach die Haltbarkeit der Ständer dadurch zu vermehren, dafs man sie nicht bis zu dieser Tiefe herabreichen liefs. Die Balkenwände, auf denen sie aufstehn, leisten theils wegen ihrer gröfsern Stärke einen kräftigern Widerstand, theils aber können einzelne schadhafte Stellen darin auch leicht ausgeschlagen und durch frisches Holz ersetzt werden.

Vier Lagen Balken bilden den untern Theil jeder Seitenwand, und die unterste Lage ist einige Zoll tief in jede Zange eingelassen und lehnt sich aufserdem gegen den Bohlenboden. Die Balken bestehn aus starkem Holze und greifen durch Spundungen in einander. Auf der obern Lage stehn nicht nur die Ständer der Gebinde, sondern auch die Bohlen auf, die sich an die Ständer lehnen. Die Gebinde oder Joche sind durch Bänder abgesteift, und durch drei Deckbalken mit einander verbunden. Indem die Ständer nichts

weniger sehr lose aufstehn, auch die darunter befindlichen
en durch den Seitendruck leicht vorgeschoben werden können,
t jedes Gebinde noch auswärts durch zwei Blind-Ständer un-
ützt, die in die Köpfe jeder Zange eingelassen und mittelst
ter Bolzen mit den eigentlichen Ständern, so wie auch abwech-
l mit jedem zweiten Balken verbunden sind.

Das Vorsiel, welches die Figur gleichfalls darstellt, ist in der
ähnlichen Weise angeordnet. Der Boden desselben ruht auf
ilen, die jedoch nicht so nahe stehn, als die Grundbalken oder
gen liegen, vielmehr ist von den erstern nur abwechselnd einer
den andern durch drei Pfähle unterstützt. An der äufsern Seite
Vorsieles befindet sich eine Spundwand. Die Seitenwände wer-
durch Ständer gestützt, die in den Grundbalken verzapft, und
n Rahme durch Spannriegel gegen einander verstrebt sind. Auf den
m des Schlaggebindes, welches zugleich das Siel begrenzt, ist
Geländer gestellt, das bei allen hölzernen Sielen vorzukommen
gt, und gegen welches der Fufs des Deiches sich lehnt. Das
re Vorsiel ist sehr genau eben so wie das äufsere angeordnet,
st nur kürzer, und wird durch niedrigere Wände eingeschlossen.
ztere sind aber nicht durch Spannbalken gegen einander ver-
bt, sondern werden durch Erdanker gehalten, weil erstere den
chgang der Schiffe verhindern würden. An das letzte Gebinde
der innern Seite, welches wie das Schlaggebinde mit einer
welle versehn ist, und worin die Balkenlagen wieder verzapft
l die Bohlen des Bodens befestigt sind, lehnt sich ein Schütz, das
anhaltender Dürre eingesetzt wird, um das zu starke Abfliefsen
Binnenwassers zu verhindern.

Die so eben beschriebene Verbindung der Balken- und Stän-
-Construction hat sich indessen nicht so vortheilhaft gezeigt, als
a erwartete. Eines Theils gewährte sie nicht die Festigkeit der
ndersiele, und andrerseits waren auch die Reparaturen schwie-
er auszuführen, als bei den Balkensielen. Man ist daher schon
t geraumer Zeit davon wieder zurückgekommen.

Um die ganze Anordnung und die Verbindung mit dem Deiche
schaulich zu machen, ist in Fig. 39 noch dasjenige Siel darge-
llt, welches nach Woltman's Angabe am rechten Ufer der untern
be erbaut ist. *a* zeigt den Längendurchschnitt, *b* den Grundrifs,
den Querdurchschnitt und *d* die Ansicht von der Seeseite. Es

unterscheidet sich in mehrfacher Beziehung von der Construction, die Hunrichs empfohlen hatte. Seine Dimensionen sind nicht bedeutend, da es im Lichten nur 9 Fufs weit und 7 Fufs hoch ist. Der Boden ruht auf einem Pfahlroste, und das einzige Thorpaar befindet sich unmittelbar neben dem äufsern Vorsiele. Die Seitenwände des Siels bestehn aus starken Bohlen, welche an besondere eingerammte Pfähle genagelt sind. Letztere geben dem Siele eine grofse Steifigkeit, und verhindern sehr wirksam das Verziehn des Querprofiles, vermehren aber die Rammarbeiten wesentlich und erschweren die Reparaturen. Neben dem innern Vorsiele bemerkt man die Windevorrichtung zum Herablassen und Heben des Schützes.

Ueber den Bau massiver Siele ist wenig zu bemerken, da die Construction derselben im Allgemeinen sehr einfach ist. In den Niederlanden findet man sie häufig, und sogar häufiger, als hölzerne. Auch im Oldenburgischen kommen sie nicht selten vor. Mit der Beschreibung der letzteren soll wieder der Anfang gemacht werden.

Ob die massiven Siele aus Werkstücken, oder aus gebrannten Steinen erbaut werden, macht keinen wesentlichen Unterschied. Beide Arten des Materials sind sowol zu Hunrichs Zeiten, als auch später angewendet worden, dagegen verdient erwähnt zu werden, dafs auch diese Siele zuweilen ohne Pfahlroste erbaut sind, und alsdann bei dem Nachgeben des Untergrundes und der verschiedenartigen Belastung durch den Deich zu brechen pflegen. Die Trennung erfolgt indessen immer nach der Quere und sonach behält jeder einzelne Theil, obwohl er sich von den anstofsenden löst, dennoch in sich seinen Zusammenhang. Der Erfolg ist also kein andrer, als wenn man den überwölbten Canal ursprünglich schon aus einzelnen Stücken zusammengesetzt hätte, von denen ein jedes sowol dem Drucke von oben, als von den Seiten hinreichenden Widerstand leisten konnte. Namentlich sollen auch diejenigen Theile, worin die Thore sich befinden, bei dieser Trennung weder an Festigkeit noch an Dichtigkeit des Schlusses leiden, und sonach erfüllen diese Siele, wenn sie auch sehr auffallende Querrisse zeigen, dennoch ihren Zweck. Es darf kaum erwähnt werden, dafs man nichts desto weniger bei Neubauten solche Zufälligkeiten möglichst vermeiden mufs, weil die Gefahr sehr nahe liegt, dafs dieselben zu starken Durchquellungen Veranlassung geben, auch wohl die Trennungen neben die Wendenischen und Schlagschwellen treffen und alsdann

s Beweglichkeit und den guten Schlufs der Thore hindern könnten.
iese ist der Grund, dafs in neuerer Zeit niemals ein massives
el ohne Pfahlrost erbaut wird. Im Allgemeinen kann man diese
rsicht nur billigen, aber, wie bereits erwähnt worden, tritt als-
n der Uebelstand ein, dafs der Deich eine sehr verschiedenartige
terlage erhält. Derjenige Theil desselben, der auf dem Siele
it, kann sich nur wenig setzen, der daneben befindliche drückt
h dagegen in den nachgebenden Untergrund tiefer ein. Hierdurch
steht eine Trennung im Deiche selbst, welche sich durch seine
nze Breite erstreckt, und zu noch gröfseren Gefahren Veranlas-
ng geben kann, als wenn das Siel mehrere Querbrüche erlitten
tte. Wenn man daher an einer Stelle, wo bisher noch kein Deich
legen hat, also der Untergrund noch nicht comprimirt ist, ein
ssives Siel sicher fundiren will, so ist es dringend nöthig, die
ustelle so auszuwählen, dafs sie auf recht festen Boden trifft,
er unter der spätern Belastung wenigstens nicht stark einge-
rückt wird.

Fig. 44 zeigt den vordern Theil eines auf Pfählen ruhenden
ssiven Sieles und zwar nach der Anordnung, die Hunrichs wie-
erholentlich gewählt und in seinem Werke beschrieben hat. Das
rste Thorpaar schlägt in das Vorsiel auf, und dieses ist in sofern
uch unbedingt zulässig, als das Gewölbe unmittelbar dahinter hin-
eichend stark ist, um den Durchbruch des Wassers zu verhindern,
alls der Fufs der Erdschüttung darüber fortgespült werden sollte.
Dieses Gewölbe bildet, indem die Steine bis zum Schlufssteine im-
er weiter vortreten, den obern Drempel, an welchen die Thore
nschlagen. Diese Einrichtung bietet keine Schwierigkeit, insofern,
wie bereits erwähnt, die Stemmung unter einem sehr stumpfen Win-
kel erfolgt. Die äufsere Stirn des Gewölbes trägt zugleich die starke
Brustmauer, an welche der Fufs der Erdböschung sich anlehnt.

Die Bildung der Kammer für das innere Thorpaar bedingt au-
genscheinlich eine wesentliche Abweichung von der einfachen Con-
struction des überwölbten Canales, wenn man nicht die lichte Weite
und Höhe des letztern bedeutend beschränken und sowol die Wi-
derlager, als auch das Gewölbe soweit vortreten lassen will, dafs
gegen beide der nöthige Anschlag für die Thore gewonnen wird.
Hunrichs hat das sehr passende Auskunftsmittel angewendet, dafs
das Tonnengewölbe über der Thorkammer durch eine eingespannte

Kappe ersetzt. Sowol vor als hinter dieser Thorkammer sin
Widerlager verstärkt, auch sind die anschliessenden Gewölb
niedrigen Brustmauern versehn. Diese Brustmauern bilde
Widerlager für die Kappe, und bis über die letztern reiche
beiden Seitenmauern herauf, welche, wie der Grundrifs Fig
zeigt, gegen die Hauptmauern des Sieles etwas zurückspringe
auf diese Art die Thor-Nischen darstellen.

Wesentlich verschieden hiervon und weit weniger zweckr
ist die Anordnung der Siele in den Niederlanden. Die ä
Thore derselben schlagen zwar auch gegen das Gewölbe des S
dieses Gewölbe setzt sich aber in der ganzen Länge ohne U
brechung und in gleicher Höhe fort, es erhält nur über der i
Thorkammer eine etwas gröfsere Spannweite, und indem die W
lagsmauern zu beiden Seiten zurücktreten, bilden sich die T
schen, die jedoch nicht entfernt die volle Höhe der Sielöffnun
ben. Die innern Thore müssen hiernach viel niedriger ge
werden, und sie sind häufig wie gewöhnliche Schleusenthore
richtet und aufgehängt, und lehnen sich, wenn sie geschlossen
nur an die untern Schlagschwellen an. In diesem Falle k
sie nicht unmittelbar zur Abhaltung des Hochwassers benutz
den, sie dienen vielmehr nur zur Vertheilung des Wasserdruck
ihr Zweck beschränkt sich darauf, die äufsern Thore zu unters
Vielfach giebt man ihnen indessen auch obere Schlagschwelle
zwar hölzerne. Dieselben sind eben so wie die untern zusa
gesetzt. Ihre Verbindung besteht, übereinstimmend mit den
peln gewöhnlicher Schiffsschleusen, aus dem Mittelbalken, i
die beiden Schlagschwellen mit Zapfen und Versatzung eing
und diese werden noch durch einen kurzen Binder an den fr
genden Enden gegen den Mittelbalken gestützt. Der letztere wi
seinen Enden in den Seitenmauern oder Widerlagern unmi
unter dem Anfange des Gewölbes vermauert. Bei weiteren
nungen hängt man ihn selbst, oder auch wohl zugleich den
noch an eiserne Zugstangen, die auf der obern Fläche des G
bes mit ihren breiten Köpfen auf Unterlage-Scheiben ruhn.
Raum zwischen dem Mittelbalken und den Schlagschwellen
demnächst durch Bohlenstücke geschlossen und gedichtet. Un
auch die Oeffnung zwischen dem Mittelbalken und dem Ge
zu schliefsen, wird auf den Ersteren eine Mauer gestellt, d

glichst scharf an das Letztere anschliefst. In dieser Weise wird r Durchflufs des Wassers über den innern Thoren vollständig gesrrt, und dieselben können allein einen hohen Wasserstand vom auenlande abhalten. Fig. 47 *b* und *c* lassen die Anordnung ernnen. Dieselbe wird in den Niederlanden vielfach gewählt, doch rfte sie der oben beschriebenen wohl unbedingt nachstehn.

§. 19.

Die Entwässerung des Rheinlandes durch die Siele bei Catwijk.

Als Beispiel von Niederländischen Entwässerungs- und Sielnlagen neben der See wird eines der gröfsten Werke dieser Art wählt, welche jemals zur Ausführung gebracht sind. Dieses ist ie Entwässerung des sogenannten Rheinlandes in der Provinz Südolland. Das Rheinland erstreckt sich von der Nordsee bis gegen trecht, und reicht im Süden bis nahe an die Maas und den Leck, ie im Norden stellenweise bis gegen das Y. Sein Flächeninhalt ifst 123500 Bunders oder 22 Deutsche Quadratmeilen.

In frühern Zeiten wurde es durch den Rhein oder wenigstens urch einen Arm desselben durchströmt und dieser mündete ohnern Leyden in die Nordsee. Die Aenderungen, welche im Laufe er Zeit der Rhein mit seinen Nebenarmen erfahren hat, sind bereits im zweiten Theile dieses Handbuches (§. 72) angedeutet. Das alte Bette des Rheins ist aber noch in seiner ganzen Länge bis an die Dünenkette, welche die Nordsee begrenzt, vorhanden, und wird theils für die Binnenschiffahrt und theils zur Entwässerung benutzt. Es beginnt bei Wijk bij Duurstede, wo eine Schiffsschleuse es von dem Leck trennt, welche die Einströmung des Wassers aus dem letzteren dauernd verhindert. Die sehr niedrige Lage des Rheinlandes macht diesen Abschlufs nothwendig, selbst wenn es möglich gewesen wäre, die Mündung in die Nordsee zur Abführung grofser Wassermassen hinreichend geöffnet zu erhalten. Von dem Leck bis Utrecht nennt man den alten Rheinlauf den Krummen Rhein, und weiterhin bei Leyden vorbei bis zum Dorfe Catwijk aan den Rhijn, den alten Rhein. Die letzte Strecke, die sich bis gegen die Dünen bei Catwijk aan Zee hinzieht, und so schmal ist, dafs sie selbst für kleine Schiffahrt nicht benutzt werden kann, heifst endlich das Mallegat.

Die Mündung in die See war bis zum Anfange dieses Ja hunderts vollständig gesperrt durch die Dünenkette, die obwohl s lenweise stark bedroht, sich doch ohne Unterbrechung von der M dung der Maas bis zur nördlichsten Spitze von Nord-Holland 17 Meilen Länge hinzieht. Es fand sonach keine unmittelbare E wässerung nach der Nordsee statt. Das Rheinland entwässerte mals zum geringsten Theile durch die Jjssel bei Gouda in die Maa doch ist die Schleuse bei Gouda so enge und auch im Uebrig sind die Verhältnisse hier so ungünstig, dafs auf diesem Wege i mer nur sehr wenig Wasser abgeführt werden konnte. Wichtig waren die vier Siele bei Spaarndam, nördlich von Haarlem, vo zugsweise wurde aber das Quell- und Regenwasser des Rheinland in das Haarlemmer Meer abgeführt, und dieses hatte wieder da die drei Siele bei Halfwege, zwischen Haarlem und Amsterdam s nen Abflufs nach dem Y.

Die Ableitung des Wassers erfolgte daher auf einem übermäß langen Umwege. Das Rheinland grenzt unmittelbar an die Nor see, und dennoch wurde das Wasser durchschnittlich mehrere M len bis zum Harlemmer Meere, und aus diesem durch das Y die Süder-See abgeführt. Dieser Uebelstand war um so nachth liger, als das Y bei gewöhnlichen Ebben nur etwa 14 Zoll unt die mittlere Fluthhöhe vor Amsterdam herabsinkt, wogegen d Nordsee bei Catwijk $2\frac{1}{2}$ Fufs unter die letztere bei gewöhnlich Ebben sich senkt. Es war also nahe $1\frac{1}{2}$ Fufs an absolutem Gefä verloren, und zugleich der Weg übermäfsig verlängert, woher d relative Gefälle sich noch mehr verminderte. Aufserdem kam no der sehr ungünstige Umstand hinzu, dafs bei nördlichen und in g ringerem Maafse auch bei östlichen Winden das Wasser im Y v den Sielen bei Halfwege stark aufgetrieben, im Harlemmer Me dagegen gesenkt wurde, woher beide alsdann gleiche Höhe hatt und oft Monate hindurch gar keine Entwässerung auf diesem We erfolgen konnte.

Unter diesen Verhältnissen lag der Gedanke sehr nahe, die al Rheinmündung behufs der bessern Entwässerung dieser groß Landfläche wieder zu eröffnen. Schon im Jahre 1687 wurde di ses vorgeschlagen und noch dringender wurde es durch Lulofs der Mitte des vorigen Jahrhunderts empfohlen, der zu diesem Zwec Wasserstands-Beobachtungen machen liefs und zusammenstellte, u

[illegible] Nivellements verband, woraus sich der grofse Nutzen solcher [illegible] augenfällig ergab. Die Ausführung unterblieb indessen da-[illegible], weil man von den grofsen Kosten abgesehn, an dem Erfolge [illegible]elte und noch mehr, weil man nicht den gröfsten Theil der [illegible] Provinz Holland der Gefahr eines Einbruches der Nordsee [illegible]etzen wollte, indem seine Sicherheit allein auf der Festigkeit [illegible] Sieles beruhen würde.

Im Jahre 1802 veröffentlichte A. P. Twend ein Project zu sol-[illegible] Canal- und Sielanlage, das einigermaafsen mit dem später aus-[illegible]führten übereinstimmte. Dieses nahm so sehr die allgemeine Auf-[illegible]rksamkeit in Anspruch, dafs der Vorstand des Deichverbandes [illegible] Rheinland auf den Rath von Brünings die Beurtheilung der [illegible]rift dreien namhaften Ingenieuren, nämlich F. W. Conrad, A. [illegible]aken Jansz. und S. Kros übertrug. Dieselben gaben am 2. April [illegible] ein Gutachten*) ab, dem sie zugleich ein etwas verändertes [illegible]ständiges Project nebst Kosten-Anschlag beifügten, und dessen [illegible]sführung dringend empfahlen. Obwohl auch damals wieder manche [illegible]denken laut erhoben, und namentlich auf die grofse Gefahr für [illegible] ganze Niederung hingewiesen wurde, wenn man den natürlichen, [illegible] sichern Schutz der Dünen an einer Stelle unterbrechen und [illegible] Sicherheit des Landes von einem Siele an offener See abhängig [illegible]achen wollte, so überzeugte man sich doch andrerseits, dafs der [illegible] zunehmenden Versumpfung endlich eine Grenze gesetzt wer-[illegible] müsse. Das Project wurde genehmigt und in den Jahren 1804 [illegible] 1807 mit einigen Abänderungen ausgeführt.

Fig. 45 zeigt die Situation bei Catwijk, es ist jedoch in dieser Zeichnung die gegenwärtige Anlage mit den Verbesserungen, die [illegible] später angebracht wurden, dargestellt. Ursprünglich wurde der Canal nur mit dem Rhijn in der Nähe von Catwijk a. d. R. in Ver-bindung gesetzt und dieser Canal selbst, so wie auch seine Schleu-[illegible] erhielten geringere Dimensionen.

Twend hatte vorgeschlagen, auch den letzten Theil des alten Rheinlaufes, nämlich das Mallegat zum Canale zu benutzen. Die Commission widerrieth dieses indessen, insofern zunächst die Breite

*) Rapport wegens het gedaan Onderzoek omtrent eene Uitwatering te Cat-wijk op Zee. Eine grofse Anzahl Zeichnungen, so wie auch vier Beilagen wa-[illegible] demselben hinzugefügt.

und Tiefe desselben so geringe waren, dafs nur eine unbedeut
Ermäfsigung der Erdarbeiten dabei in Aussicht stand. Sodann
merkte sie, dafs das Terrain daneben besser bebaut und daher
Ankaufe viel theurer wäre, und endlich machte sie auf die gr
Schwierigkeit und selbst auf die Gefahr für das Dorf aufmerks
wenn man den Canal durch dieses hindurch führen wollte. Sie
legte daher die Mündung an dieselbe Stelle, wo sie auch geg
wärtig sich befindet.

Die Commission schlug jedoch vor, den Canal von der See
nur bis zu dem Punkte zu führen, wo das Mallegat sich mit
alten Rhein verbindet, und von hier ab den letzteren schon
Zuleitungs-Graben zu benutzen. Hiervon wurde indessen bei
Ausführung abgewichen und der Canal ist bis oberhalb Catwijk
d. R., also etwa 300 Ruthen weiter aufwärts geführt, wo er
besser an den Rheinlauf anschliefst, und wodurch zugleich die
fahr für das benannte Dorf abgewendet ist, welches sonst an
stark concaven Ufer bei heftiger Entwässerung sehr bedroht
würde. Dieser Canal erhielt ursprünglich in dem Horizonte
Amsterdamer Peil (gewöhnlich *AP* bezeichnet) oder in der ordi
ren Flüthhöhe vor Amsterdam nur die Breite von 20 Ellen
63 Fufs 9 Zoll.

Um einem Durchbruche der See vorzubeugen, wurden zwei üb
aus feste Siele, nämlich *A* und *B* hinter einander erbaut, von de
jedes allein bei den höchsten Sturmfluthen volle Sicherheit bot.

Sodann war noch das Bedenken erhoben, dafs die Nordsee v
Jahr zu Jahr weiter in das Land dringe, indem die Dünen imm
zurückweichen, und sonach werde in kurzer Zeit das vordere S
frei am Strande liegen, und wenn es alsdann auch noch zu halt
sein sollte, so werde das Hochwasser zur Seite es umfliefsen u
in das Land eindringen. Dieser Umstand forderte allerdings ein
nähere Untersuchung. Es ergab sich durch Zusammenstellung d
sichersten Nachrichten, dafs in dem Zeitraume von 1571 bis 17
die See an dieser Stelle um 300 Fufs, ebensoviel auch von 1708
1766, von 1766 dagegen bis 1802 nur um 54 Fufs vorgedrung
sei. Das Ufer wich also in diesen drei Perioden durchschnittlich
um 2,2 Fufs, 5,2 Fufs und 1,5 Fufs zurück. Die Commission macht
darauf aufmerksam, dafs diese Resultate keine Besorgnifs begründ
könnten, in sofern an andern Stellen, die einem viel stärker

riffe ausgesetzt wären, demselben sehr sicher durch Buhnenan-
n eine Grenze gesetzt sei. Die beiden Werke, welche zur Seite
Canales in die See treten, würden ohnfehlbar den Strand hin-
hend schützen und sein weiteres Zurückweichen verhindern.
se Ansicht ist vollständig durch die Erfahrung bestätigt, und der
and hat sich sogar auf der südlichen Seite seewärts ausgedehnt,
h sind die Dünen nicht zurückgewichen, obwohl auf ihre Erhal-
g wenig Sorge verwendet wird. Es ist nämlich sogar gestattet,
beliebig zu betreten, und die Einwohner von Leyden machen
von, wie ich in diesem Jahre bemerkte, einen sehr ausgedehn-
Gebrauch.

Endlich wurde noch die Besorgnifs ausgesprochen, dafs die
enschiffahrt, namentlich auf der Spaarne leiden werde, wenn
er Flufs seine bisherige Speisung verliert. Es liefs sich aber
t nachweisen, dafs die befürchtete Senkung des Wasserstandes
r unbedeutend sei.

Die Siele oder Schleusen wurden übereinstimmend mit den Vor-
lägen der Commission ausgeführt. Die vordere, in Fig. 45 mit
bezeichnete ist unbedingt dem stärksten Angriffe ausgesetzt. Aus
sem Grunde werden ihre fünf ziemlich schmale Oeffnungen nicht
rch Thore, sondern durch sehr feste Schütze geschlossen, die auf
iden Seiten einen höhern Wasserstand halten können. Bei hef-
en Stürmen und namentlich während Sturmfluthen läfst man diese
hütze herab, um die dahinter liegende zweite Schleuse jeder Ge-
r zu entziehn. Dasselbe geschieht auch, wenn man die Canal-
ndung spülen will und zu diesem Zwecke die vordere Canal-
cke mit Fluthwasser gefüllt hat. Gewöhnlich sind die Schütze
ssen geöffnet und bleiben bei ruhiger Witterung Monate hin-
rch unberührt.

Die zweite Schleuse *B* ist das eigentliche Siel, doch darf man
se Benennung ihr kaum beilegen, insofern sie nicht überdeckt
d der Deich nicht über sie fortgeführt ist. Sie hat in jeder Oeff-
ng zwei Paar Fluththore hinter einander, auf welche der Druck
i hohem Stande der See vertheilt wird. Ein drittes Thorpaar in
der Oeffnung war nach dem Binnenlande gekehrt, um die Aus-
mung, wenn es nöthig ist, zu unterbrechen, auch befand sich
n jedem Flügel der letzteren ein Spülthor. Diese dritten Thore
istiren jedoch nicht mehr.

Endlich ist noch eine dritte Schleuse *C* hinzugefügt, die eig lich nur eine überwölbte und mit Schlagschwellen versehene Brü ist. Jede Oeffnung derselben kann durch ein grofses, nur aus ein Flügel bestehendes Thor geschlossen werden, das sich flach an Stirnfläche des Bogens lehnt. Diese Thore schlagen seewärts und haben den Zweck, die weitere Verbreitung des Seewassers dem Canale zu verhindern, so oft man solches behufs der Spül in die vorderste Strecke zur Zeit des Hochwassers einläfst.

Was die Höhen-Verhältnisse betrifft, so ist zu erwähnen, d die gewöhnlichen Fluthen bei Catwijk bis 3 Fufs über Amsterda Peil steigen, die gewöhnlichen Ebben dagegen 2½ Fufs darunter ken. Bei Sturmfluthen erhebt sich der Wasserspiegel ohne Rü sicht auf die Höhe der Wellen bis auf 10 auch wohl auf 10½ F Die Düne stieg in ihrem natürlichen Zustande in der Richtung Canales zwischen den Schleusen *A* und *B* bis 37½ Fufs über A sterdamer Peil an, obwohl sie gerade hier sich auffallend einse Viel geringer war die Höhe der flachen Düne im Dorfe Catwi die stellenweise nur 18 Fufs über Amsterdamer Peil sich erh Die Terrainhöhe neben der Schleuse *B* mifst 12 Fufs, senkt si aber von hier ziemlich gleichmäfsig und beträgt bei der Schleuse nur noch 3 bis 4 Fufs. Dieselbe Höhe setzt sich in der Richtu des Canales bis zu dem Noordwijker Wege fort, der von Catwij a. d. R. in nördlicher Richtung abgeht, und von hier tritt der Can in das niedrige Terrain, welches durchschnittlich in der Höhe d Amsterdamer Peils liegt. Der Wasserstand im alten Rhein da die Höhe von 1 Fufs unter Amsterdamer Peil nicht übersteige weil sonst die Entwässerung nicht genügen würde.

Der Canal liegt mit seiner Sohle auf — 7 Fufs *AP*, die Fac bäume der Schleusen dagegen 9 Zoll höher, also auf — 6 Fufs 3 Zo Zur Zeit der Springfluthen sinkt die Nordsee hier bis auf — 2 Fu 6,6 Zoll herab, so dafs der Wasserstand auf den Fachbäumen al dann nur 3 Fufs 8,4 Zoll beträgt. Dieses Maafs ist vergleichung weise gegen andre Schleusen sehr geringe, denn die Schlagschwe len der Siele bei Spaarndam liegen auf — 11 Fufs 9,5 Zoll, wä rend das niedrigste Wasser im Y viel höher bleibt, als das d Nordsee.

Die der See zugekehrte Stirnmauer der Schleuse *A* hat die Hö + 19 Fufs, und steigt theils selbst und theils in der anschliefsend

…chung bis + 26 Fuſs an. Indem nun die höchsten Fluthen … nur bis + 11 Fuſs erheben, so ist der Eintritt derselben und … der Wellen sicher verhindert. Auf beiden Seiten setzen sich …elmauern in 18 Fuſs Höhe bis unter die Dünen fort. In der …leuse *B* liegen die Mauern auf + 16¾ Fuſs und die vorderen …thore auf + 15 Fuſs. Der darüber führende Weg liegt auf … 17 Fuſs.

Zur Ermittelung der nöthigen Durchfluſsöffnungen der drei …leusen untersuchte die Commission die Profile der Wasserläufe, …che bei Catwijk abgeleitet werden sollten, und zwar wurden … sämmtlichen Profile unter dem Horizonte von 1 Fuſs unter …terdamer Peil gemessen. Es ergab sich, daſs für den bezeich…ten Wasserstand allein der alte Rhein und das Rheinische Flieſs … Betracht kommen. Letzteres ergieſst sich bei Catwijk in den …ern. Der von Norden herabkommende Canal, die Maandagsche …tering genannt, lag dagegen so hoch, daſs er in trockner Jah…zeit gar keine Zuflüsse aufnahm. Die Summe der Profil-Oeff…ngen der beiden ersten Wasserläufe und zwar an solchen Stellen, … sie ziemlich beengt waren, stellte sich auf 264 Quadratfuſs her…. Eine gleiche Oeffnung wurde für die Schleusen bestimmt. Die …he der Schlagschwellen und Fachbäume setzte die Commission da…gen auf 6 Fuſs unter Amsterdamer Peil, damit selbst bei niedri…m Wasserstande noch ein kräftiger Abfluſs erfolgen könne. Hier…ch ergab sich für den angenommenen Wasserstand in den Schleu…n die Höhe des Durchfluſs-Profiles gleich 5 Fuſs, und folglich die Gesammtbreite desselben 52 Fuſs 10 Zoll. Das Hauptsiel erhielt 3 Oeffnungen von 18 Fuſs, die äuſsere Schleuse *A* dagegen 5 Oeff…ngen von 12 Fuſs Weite, und die innere Schleuse *C* wieder 3 Oeff…ngen von 20 Fuſs.

Diesen Theil der Untersuchung hat die Commission nicht so vollständig geführt, als er es verdiente, und es muſs auffallen, daſs eine so wichtige und so kostbare Anlage zur Ausführung gebracht ist, ohne daſs man sich von der Gröſse des erwarteten Effectes eine klare Vorstellung zu machen versucht und die Wassermenge ermittelt hatte, die bei den verschiedenen Wasserständen und Witterungs-Verhältnissen abgeführt werden sollte.

Ueber die einzelnen Bauwerke und Ausführungen dieser Ent-

wässerungs - Anlagen müssen noch einige Mittheilungen gema
werden.

Die beiden Höfter, welche die Mündung einschliefsen, wurd
etwa 36 Fufs breit aus Senkstücken erbaut und mit gröfseren Ste
nen sorgfältig abgedeckt. Sie sind 40 Ruthen lang, und im Li
ten 25 Ruthen von einander entfernt. Ihre Köpfe erheben sich n
wenig über das gewöhnliche niedrige Wasser, die Wurzeln lieg
dagegen etwa 1 Fufs über dem gewöhnlichen Hochwasser. Di
Steindecke bestand Anfangs nur aus flachen Steinen von mäfsig
Stärke, die von Flechtzäunen umschlossen waren. Später hat ma
dagegen Bankete von 18 Fufs Breite dagegen gelehnt und die Kro
flach gewölbt und mit schweren Brabanter Steinen, zum Theil au
mit grofsen Basalten abgepflastert. Aufserdem sind die Fugen i
der Krone bis gegen das Ufer mit Mörtel ausgestrichen. Nicht
desto weniger bemerkte ich, als ich in diesem Jahre (1862) die An
lage sah, dafs das Pflaster, sowol binnenseitig als vor den Köpfe
an ganz frische Flechtzäune sich lehnte, woraus sich also ergieb
dafs die Beschädigungen und Reparaturen keineswegs aufgehö
haben.

Von besonderer Wichtigkeit ist die äufsere Schleuse A, dere
Flügel sich mittelbar durch die davor angebrachte Steinböschung a
jene Höfter anschliefsen. Fig. 46, a, b und c stellt diese Schleu
im Grundrisse, in der Ansicht von vorn und im Querschnitte da
doch stimmt die Ausführung nicht vollständig mit diesen aus de
Berichte der Commission entlehnten Zeichnungen überein. Der v
dere Theil, der die Schütze und deren Befestigung und Aufstellu
umfafst, hat keine Aenderung erfahren, aber die Pfeiler setzen s
hinter der Brücke etwa um 10 Fufs weiter fort, als die Zeichnu
angiebt, und zwischen der Brücke und den nächsten Dammfal
dahinter waren früher noch Spülthore eingehängt, deren Aufs
lung aufserdem die Anbringung besonderer Fachbäume und die V
änderung des Grundwerkes nöthig machte. Diese Thore, wel
zur Spülung der Mündung zwischen jenen vortretenden Molen
nen sollten, sind indessen später wieder beseitigt, weil die Sch
schon denselben Zweck erfüllen und namentlich nur das mitt
geöffnet werden durfte, um einen kräftigen Strom bis zum tief
Wasser darzustellen.

Die Stirnpfeiler erheben sich 19 Fufs über Amsterdamer P

vier Mittelpfeiler dagegen nur auf 13 Fuſs. Die Oeffnungen
d 12 Fuſs weit und jede derselben ist auf der äuſsern Seite durch
en 10 Fuſs breiten Bogen überspannt, dessen Scheitel in der un-
n Fläche 7½ Fuſs über Amsterdamer Peil liegt. Diese Bogen sind
i zur Höhe der Stirnpfeiler voll übermauert, und das Mauerwerk
igt neben den Schützen noch höher an, und bildet eine Verda-
ng, von welcher das aufspritzende Wasser leicht abflieſsen kann.
urch diese groſse Mauermassen wird die Kraft der gegenschlagen-
n Wellen gebrochen. Auf der Binnenseite schlieſsen sich an die
lze, worin die Schütze sich bewegen, wieder andre Bogen an,
ren Scheitel auf 11 Fuſs *AP* liegen. Diese letzten Bogen bilden
gleich eine Brücke. Das Mauerwerk ist aus gebrannten Steinen
sgeführt, in den Ecken und neben den Dammfalzen aber mit gro-
en Werkstücken verkleidet. Auſser den Falzen für die Schütze
efinden sich in jedem Pfeiler, wie die Figur zeigt, noch vier Damm-
lze, worin bei Reparaturen, oder wenn die Schütze brechen soll-
n, sowol auf der See- als auf der Landseite zwei Reihen Damm-
alken eingelegt werden können.

Die Construction des Schleusenbodens ergiebt sich mit hinrei-
chender Deutlichkeit aus den Figuren und stimmt mit der in den
Niederlanden üblichen Anordnung überein. Zu erwähnen ist nur,
daſs man aus Besorgniſs vor den Zerstörungen durch den Seewurm
den ganzen hölzernen Boden dieses Bauwerkes, soweit derselbe nicht
übermauert ist, mit Kupferblech überdeckt hat, was auch im Grund-
risse angedeutet ist. Diese Figur stellt übrigens in den verschie-
denen Oeffnungen verschiedene horizontale Durchschnitte dar.

Der wichtigste Theil in diesem Bau ist der Verschluſs der Oeff-
nungen durch die Schütze. Dieselben sind 12½ Fuſs hoch und be-
stehn aus hölzernen Rahmen, worin sich fünf horizontale Querriegel
befinden. Diese sind mit 2½zölligen Bohlen verkleidet. Wenn sie
geschlossen sind, so stehn sie unten in Falzen, die in den starken
Fachbäumen angebracht sind, zu beiden Seiten ruht jedes Schütz in
Mauerfalzen, und oben lehnen sie sich wieder, sowol vorn, als hin-
ten, an starke Balken, die in die Pfeiler eingreifen. Indem aber
diese Balken und die Oberkanten der Schütze noch nicht bis zu
den Scheiteln der Gewölbe reichen, so würden bei heftiger Bewe-
gung des Meeres die Wellen noch darüber fortschlagen, und Be-
schädigung der Canalufer veranlassen. Um dieses zu verhindern,

sind auf jene Balken Mauern gestellt, von denen die vordern sich an die Stirnen der ersten Bogen, die hinteren aber an die innern Flächen der Brückenbogen stumpf anschliefsen. Man würde bei uns eine solche Construction kaum bei gewöhnlichen Bauten und gewifs nicht bei einem so wichtigen Werke gut heifsen: in den Niederlanden, auch in England und Frankreich ist man indessen in dieser Beziehung weniger besorgt, und man darf dabei auch nicht übersehn, dafs diese Mauern, falls sie schadhaft werden sollten, leicht erneut werden können. In der beschriebenen Art lassen sich die Oeffnungen vollständig verschliefsen, die Wellen aus der See werden daher vom Canale ganz abgehalten, und dieses ist der Hauptzweck der ersten Schleuse. Zur Abhaltung des Hochwassers dient dieses Bauwerk nur in geringem Maafse, denn ohnerachtet der Spundwände, welche den Boden und die nächsten Umgebungen sichern sollen, dringen die Quellungen überall durch den Sand hindurch, und bei hohen Fluthen füllt sich die erste Canalstrecke bis nahe an den Horizont des äufsern Wasserspiegels an. Das Hochwasser mufs daher durch die zweite Schleuse vom Binnenlande abgehalten werden.

Zum Oeffnen der Schütze ist jedes derselben mit zwei gezahnten Stangen versehn, die in zwei Getriebe an einer gemeinschaftlichen Achse eingreifen. An dieser Achse befindet sich ein Stirnrad, das in ein zweites Getriebe greift, und die Achse des letztern hat an jeder Seite eine Curbel und aufserdem eine Hornhaspel. Vier Mann können mittelst der Curbeln jedes Schütz leicht heben, wenn der Wasserstand auf beiden Seiten derselbe ist. Bei einem geringen Ueberdrucke von der einen und der andern Seite müssen die Hornhaspeln zu Hülfe genommen werden. Wenn dagegen der Binnen-Wasserstand bedeutend höher als der äufsere ist, oder umgekehrt, so genügt die beschriebene Vorrichtung noch nicht, um die Bewegung durch vier Mann zu veranlassen, und bei der isolirten Lage der Schleuse kann man nicht immer darauf rechnen, eine gröfsere Mannschaft schnell genug herbeizuschaffen. Aus diesem Grunde ist das Schütz in der mittleren Oeffnung noch mittelst zweier Ketten mit einem sehr schweren Gegengewichte verbunden. Letzteres erleichtert seine Bewegung, und sobald es gehoben ist, läfst man zunächst das Wasser aus der ersten Canalstrecke abfliefsen, ehe man die andern vier Schütze zieht. Der starke Strom, der in

sem Falle sich bildet, trägt wesentlich zur Aufräumung der Ca-Mündung bei, und aus diesem Grunde konnten auch ohne Nach-il die Spülthore beseitigt werden. In neuerer Zeit hat man hier-i noch die Aenderung eingeführt, dafs das mittlere Schütz in zwei eile zerlegt ist, von denen der obere stumpf auf dem untern it, und besonders gezogen werden kann. Dieses geschieht, wenn n die Canal-Mündung spülen will, und das Hochwasser zu die-n Zwecke in die vordere Strecke, bis zur Schleuse *C* eingelassen ird. Indem nämlich der Sand grofsentheils neben dem Boden ibt, so ist es von Wichtigkeit, die untern Wasserschichten vom nale abzuhalten, und man zieht daher nur die obere Hälfte des hützes.

Die erste Canalstrecke, die 120 Ruthen lang ist, liegt ganz in n Dünen. Man mufste bei ihrer Anlage nicht allein die leichten r gegen Abbruch durch die Strömung und den Wellenschlag, r sich im Canale selbst bildet, sichern, sondern aufserdem auch s Hineinfliegen des losen Dünensandes verhindern. Zu diesem recke sind die Ufer bis zur vollen Höhe der Dünen flach abge-acht und mit mehrfachen Banketen versehn, aufserdem aber mit rde und Rasen bedeckt. Die Böschungen haben ungefähr fünf-fache Anlage, und der Rasen war gut angewachsen. Ueberdies hatte man Anfangs auf etwa 200 Ruthen Länge sowol nord- als süd-wärts die Dünen planirt und vollständig mit Sandgräsern bepflanzt, die also allen fliegenden Sand auffingen und ihn gegen späteres Forttreiben schützten. Dafs eine sehr sorgfältige Unterhaltung sol-cher Anlage erforderlich ist, und geringe Beschädigungen bei Stür-men leicht eine grofse Ausdehnung annehmen, wird bei Gelegen-heit des Dünenbaues näher erörtert werden. Diese Canalstrecke erhielt ursprünglich in dem Horizonte von Amsterdamer Peil die Breite von 80 Fufs. Die Seitenwände hatten bis 2 Fufs darunter dreifache und von hier bis zur Sohle ein und einhalbfache Anlage. Die Sohlenbreite betrug 55 Fufs.

Die zweite Schleuse *B* bildet das eigentliche Siel, welches so-wol den hohen Wasserstand der See von dem Binnenlande abhält, als auch bei den Ebben, so oft diese unter das Niveau des Canals rabsinken, zur Auswässerung dient. Der Baugrund unter dem-ben ist ein fest abgelagerter, sehr zäher Klai, der also vollkom-ne Sicherheit gegen das Durchquellen des Wassers bietet, nur

die obern Lagen waren stark sandhaltig, doch gaben dieselben kei
wegs zu Besorgnifs Veranlassung, da sie theils noch so viele Th
theilchen enthielten, dafs eine versuchsweise ausgehobene Grube
senkrechten Seitenwänden und ohne Absteifung längere Zeit
durch sich unversehrt erhielt, theils aber mufsten schon wegen
erforderlichen Tiefe des Sielbodens diese loseren Schichten be
tigt werden.

Dieser Bau ist nicht als eigentliches Siel behandelt, inso
man den kurzen Deich, der die beiderseitig belegenen Dünen
einander verbindet, nicht darüber fortführte, vielmehr erhielten
drei Oeffnungen keine Ueberdeckung, und es wurde nur eine
sive Brücke darüber gespannt. Der Grund, weshalb man
Anordnung wählte, die ohne Zweifel die Anlage etwas erschwe
war nur der Wunsch, alle Theile des Baues so frei aufzustell
dafs sie jederzeit mit Sicherheit und bequem untersucht werden k
ten. Bei dieser Schleuse ist das von der Commission aufgestel
Project ohne wesentliche Aenderung zur Ausführung gekommen.

Fig. 47, *a*, *b* und *c* zeigt diese Schleuse im Grundrisse, in
Ansicht von der Seeseite und im Durchschnitte. Im Grundri
sind aber wieder zur Verdeutlichung der Construction die horiz
talen Durchschnitte in verschiedene Höhen gelegt. Ursprüng
wurden, wie die Figuren angeben, drei Oeffnungen, jede von 18 F
lichter Weite dargestellt. Die Oberflächen der Schlagschwel
legte man 6 Fufs unter Amsterdamer Peil. Die Stirnpfeiler, M
telpfeiler und vorderen Flügel-Mauern erheben sich bis 16 F
9 Zoll über *AP*, der hintere oder landwärts gekehrte Theil
Bauwerkes ist dagegen 10 Fufs niedriger gehalten. In jeder Oe
nung befanden sich drei Paare Stemmthore. Die vorderen Th
sind Fluth-Thore und wie gewöhnliche Schleusenthore behand
Sie lehnen sich, wenn sie geschlossen werden, nur unten geg
Schlagschwellen, die 1 Fufs über den Schleusenboden vortret
Ihre Wendesäulen stemmen sich aber in Wendenischen, und sons
bilden sie eine kräftige Verstrebung gegen den Druck des Ho
wassers. Ihre obern Rahmen liegen 15 Fufs über *AP*. Das zwe
Thorpaar ist gleichfalls gegen die See gekehrt, oder bildet wie
Fluththore, die jedoch 10 Fufs niedriger sind, also nur wenig ü
die gewöhnlichen Springfluthen reichen. Die Schlagsäulen
heben sich indessen wieder bis über die Schleusenmauern,

s Thore in einfacher Weise öffnen, schliefsen und feststellen zu nnen.

Diese zweiten Thorpaare haben doppelten Zweck. Zunächst nd sie die eigentlichen Sielthore, die bei ruhiger Witterung allein nutzt werden, und indem sie sich von selbst öffnen und schliefsen, veranlassen sie die Auswässerung und verhindern den Eintritt s Hochwassers in das Binnenland. Sie können deshalb auch durch fhalter gestützt werden, damit sie nicht etwa während der Fluth fen bleiben, vielmehr die erste eingehende Strömung sie schon ist und verschliefst. Da jedoch hierdurch das Ausflufs-Profil beschränkt wird und Wärter neben der Schleuse wohnen, so pflegt an diese Aufhalter nicht zu benutzen, so lange die Entwässerung echt kräftig erfolgen soll. Die Wärter ziehn alsdann die Thore i jeder Ebbe scharf in die Thornischen, und drehn sie, sobald er Strom umsetzt, wieder zurück. Demnächst dienen diese Thore uch zur Vertheilung des Druckes bei ungewöhnlich hohen Fluthen. n solchem Falle werden die äufsern Thore geschlossen, und von en in Rede stehenden innern unterstützt. Damit aber zwischen beiden ein mittlerer Wasserstand sich darstellt und dauernd erhalten wird, befinden sich in jenen, wie in diesen noch Schütze, wodurch man theils den Zwischenraum in geeigneter Weise anfüllt, theils aber auch die Wasserverluste ersetzt, die bei gröfserer oder minderer Undichtigkeit eines Thorpaares den beabsichtigten Wasserstand zwischen beiden verändern würden.

Das zweite oder niedrige Paar der Fluththore lehnt sich, wenn es geschlossen ist, nicht nur unten, sondern auch oben an Schlagschwellen oder an einen Drempel. Letzterer besteht gleichfalls aus Holz, und auf den starken Mittelbalken, der die Basis des gleichschenkligen Dreiecks bildet, ist wieder eine Mauer gestellt, die den Raum bis zum Brückenbogen vollständig abschliefst. Diese Thore können daher, wenn die äufsern vielleicht aufser Thätigkeit gesetzt werden müfsten, noch einen Wasserstand abhalten, der höher ist, als sie selbst sind.

Endlich wurde bei der ersten Anlage jede Oeffnung, wie die Figuren zeigen, noch mit einem dritten Thorpaare, nämlich mit Ebbethoren versehn, die nach innen aufschlugen. Sie hatten die Höhe der hinteren Fluththore, und lehnten sich wie diese, wenn sie geschlossen waren, sowol unten, wie oben, gegen Schlagschwel-

len, die Zwischenräume zwischen dem obern Anschlage und der Brücke blieben jedoch offen, weil theils das Binnenwasser solche Höhe nicht erreichte, theils aber, wenn Letzteres etwa bei Deichbrüchen der Fall sein sollte, diese Thore gewifs nicht geschlossen werden durften. Ihre Flügel waren mit Spülthoren versehn, wie Fig. 47, *c* zeigt. Aufserdem hatten diese Ebbethore noch einen andern Zweck, sie sollten nämlich eine zu tiefe Senkung des Binnenwassers verhindern, und diese Rücksicht war vorzugsweise durch die sehr ausgedehnte Binnenschiffahrt geboten. Nichts desto weniger sind sie seit langer Zeit beseitigt, da beim Spülen der Canal-Mündung die viel längere Strecke bis zur dritten Schleuse *C* auch benutzt werden mufste und aufserdem ein höherer Wasserstand im Binnenlande, so oft es nöthig war, immer sehr sicher durch die Schütze in der Schleuse *A* erhalten werden konnte. Auf die doppelten Dammfalze an beiden Enden jeder Oeffnung wird noch aufmerksam gemacht, die zum Abschlusse bei vorkommenden Reparaturen dienen.

Die Schleuse *C* endlich ist ein Bauwerk, das sich von einer gewöhnlichen massiven Brücke wenig unterscheidet. Fig. 48, *a* und *b* stellt es in der Ansicht von der Seeseite und im Querdurchschnitte dar. Die Oeffnungen, deren es Anfangs nur drei hatte, sind 20 Fufs weit, und jede derselben kann durch ein sehr grofses Thor geschlossen werden, das sich stumpf gegen die Brückenpfeiler und den Bogen, und zugleich unten gegen eine hölzerne Schwelle lehnt. Die Mittelpfeiler haben zu diesem Zwecke ebene Stirnflächen erhalten, die mit den Bogen bündig sind, nur die Landpfeiler treten wie Fig. 48, *b* zeigt, darüber hervor, doch bildet der Theil zunächst der Oeffnung auch hier noch den nöthigen Anschlag für das Thor. Man schliefst diese Thore, wenn behufs einer beabsichtigten Spülung das Hochwasser der See eingelassen werden soll, und sie verhindern alsdann das Eindringen des Letzteren in das dahinter belegene Binnenland.

Neben diese letzte Schleuse wurde noch eine Dampfmaschine gestellt, die zunächst wohl den Zweck hatte, Seewasser auf ein daneben stehendes Gradirwerk zu pumpen, das jedoch nicht mehr existirt. Aufserdem verband man aber hiermit auch noch die Absicht, in der Zeit, wenn die Siele wegen hohen Aufsenwassers nur wenig wirken konnten, das Binnenwasser über die Schleuse *C* hin-

zu fördern, damit es von hier aus theils wegen der etwas grö-
n Höhe und theils weil es den vorderen Schleusen näher war,
en schnelleren Abflufs fände. Ob man von diesem gewifs we-
erfolgreichen Mittel jemals Gebrauch gemacht hat, ist nicht be-
nnt geworden.

Im Vorstehenden ist die ganze Anlage in ihrer ursprünglichen
richtung beschrieben. Sie erwies sich sogleich als sehr vortheil-
ft und die Entwässerung des Rheinlandes erfolgte viel erfolg-
icher und regelmäfsiger, als vorher, aber dennoch wurden die Er-
rtungen keineswegs vollständig erfüllt und eine nähere Unter-
chung zeigte bald manche wesentliche Mängel. Das Wasser wurde
cht in dem Maafse abgeführt, wie das gewonnene Gefälle dieses
warten liefs. Die Zuflüsse zum neuen Canale, also der alte Rhein,
tte nicht das erforderliche Profil, und es bildete sich daher schon
n ihm ein merkliches Gefälle. Auch im Canale selbst und na-
entlich beim Durchgange des Wassers durch die drei Schleusen
at derselbe Uebelstand ein. Hierdurch wurde ein grofser Theil
s an sich sehr schwachen Gefälles bei der Zuführung schon auf-
hoben und die Entwässerung dadurch wesentlich beeinträchtigt.
Die andern Siele, die früher das Wasser aus dem Rheinlande ab-
führt hatten, mufsten daher noch fortwährend im Gebrauch blei-
en. Als später die Trockenlegung des Haarlemmer Meeres beab-
ichtigt wurde, wobei die älteren Hauptabflüsse für das Rheinland
sperrt werden sollten, stellte sich die Nothwendigkeit zur Ver-
sserung der Anlage bei Catwijk dringend heraus. Diese ist im
ahre 1841 zur Ausführung gekommen und die in Fig. 45 angege-
enen Dimensionen und Anlagen beziehn sich auf den gegenwärti-
en Zustand.

Zunächst mufste für eine bessere Zuleitung des Wassers aus
em Binnenlande gesorgt werden, die bisher nur durch den alten
Rhein geschah. Zu diesem Zweck wurde ein ganz neuer Canal
von 1100 Ruthen Länge ausgeführt. Derselbe hatte bei Poelgeest
n demjenigen Canale seinen Anfang, der Leyden mit Haarlem ver-
indet. Er zieht sich bei Oegstgeest vorbei und tritt bei Catwijk
. d. R. in den alten Rhein. Er ist in dem Horizont von *AP*
$27\frac{1}{2}$ Fufs, und in seiner Sohle, die 7 Fufs darunter liegt, 100 Fufs
reit. Der alte Rhein blieb ziemlich unverändert, doch ist seine
eitere Verbesserung noch in Aussicht genommen. Der aus der

Verbindung beider sich bildende Haupt-Entwässerungs-Canal erhielt unter Beibehaltung seiner Tiefe die Breite von 166 Fufs im Horizonte AP, und 7 Fufs darunter oder in seiner Sohle von 137 Fufs. Die Dossirungen wurden aber über und unter Wasser mit Steinen bedeckt, die sich gegen verschiedene Reihen Flechtzäune lehnen.

Demnächst wurde die Schleuse C mit drei neuen Oeffnungen von derselben lichten Weite, wie die frühern, versehn, so dafs ihr Durchflufs-Profil sich verdoppelte. Die Schleuse B erhielt dagegen an jeder Seite noch eine mit den drei ältern übereinstimmende Oeffnung. Die Schleuse A blieb unverändert, da ihr Umbau oder Neubau theils zu kostbar erschien, und man theils den sehr sichern Schutz, den sie bot, selbst für kürzere Zeit nicht unterbrechen wollte. Die Senkung der verschiedenen Schleusenschwellen unterblieb gleichfalls, weil man zu diesem Zwecke die vorhandenen Werke vollständig hätte abbrechen müssen, während sie sich noch in gutem Stande befanden. Dagegen konnten die erwähnten Anbaue ausgeführt werden, ohne die Schleusen aufser Thätigkeit zu setzen. Die Rücksicht auf den ununterbrochenen Fortgang der Entwässerung, der selbst für kurze Zeit nicht gestört werden durfte, war bei Aufstellung der Projecte für diese Umbaue vorzugsweise maafsgebend gewesen.

Die Erfolge erwiesen sich sehr befriedigend. Die vom Ingenieur Kock angestellten Messungen ergaben nämlich, dafs gegenwärtig im Durchschnitt das Doppelte der früheren Wassermenge abgeführt wird.

Ende des ersten Bandes.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

Handbuch

der

Wasserbaukunst

von

G. Hagen.

Dritter Theil:

Das Meer.

Zweiter Band mit 11 Kupfertafeln.

Berlin 1863.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Seeufer-

und

Hafen-Bau.

Von

G. Hagen.

Zweiter Band.

Mit einem Atlas von 11 Kupfertafeln in Folio.

Berlin 1863.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Inhalts-Verzeichniſs
des zweiten Bandes.

Abschnitt III.
Uferbauten.

Abschnitt IV.
Anordnung der Seehäfen.

Abschnitt V.
Die Hafenmündung.



Dritter Abschnitt.

Uferbauten.

§. 20.
Abbrechende Ufer.

n der Betrachtung der Erscheinungen am Meere ergab sich, dafs
Küsten, welche der vollen Einwirkung des Wellenschlages und
Strömung ausgesetzt sind, durch diese angegriffen werden und
er schneller oder langsamer abbrechen und zurückweichen. In-
n rings um die grofsen Weltmeere dieser Kampf schon vor un-
klicher Zeit begonnen hat, so sind daselbst diejenigen Ufer ver-
wunden, welche dem Andrange der Fluthen und Wogen nicht
erstehn konnten. Nur feste Gebirge setzen hier dem weiteren
bruche Grenzen, und wenn auch diese den zerstörenden Wir-
gen sich nicht vollständig entziehn, so erfolgt ihr Abbruch doch
langsam, dafs derselbe nicht sowol aus historischen Ueberliefe-
gen, als vielmehr nur aus der äufsern Erscheinung der Felsen-
ten erkannt wird.

Bei der verschiedenen Gestaltung und Festigkeit der Gebirge
ingen einzelne Stellen in den Ufern weiter vor. Hierdurch bil-
n sich Vorgebirge oder Uferecken, welche in den zwischenliegen-
n Strecken bei gewissen Winden den Wellenschlag mäfsigen und
gleich den Küstenstrom, der im Allgemeinen die geraden Wege
rfolgt, von hier entfernt halten. In beiden Beziehungen geben
Veranlassung, dafs der vorbeitreibende Sand und Kies in oder
r den Buchten zwischen je zwei solcher Felsecken sich ablagert
d einen niedrigen flach landwärts gekrümmten Strand bildet.

Dieselbe Erscheinung wiederholt sich auch an kleineren Mee-
n, wie an der Ostsee und Nordsee, deren jüngerer Ursprung sich
durch zu erkennen giebt, dafs ihre Ufer noch vielfach aus wei-
en Gebirgsarten und grofsentheils sogar aus aufgeschwemmtem

Boden bestehn. In ihnen sind die vortretenden Ecken in v
herem Grade, als in den grofsen Meeren, der Zerstörung aus
und in gleichem Maafse, wie sie abbrechen, zieht sich auch
zwischen liegende Strand zurück.

Sowol in Pommern, als in Ost-Preufsen bemerkt man i
schenzeiten von wenigen Jahren und oft schon nach einem e
stürmischen Winter sehr auffallende Veränderungen in den
Ufern, die unmittelbar an der offenen See liegen. Bei eine
messung des Dienstlandes der Feuerwärter in Brüsterort fi
einst, dafs an dieser Stelle, die allerdings dem Angriffe be
stark ausgesetzt ist, während einiger Jahrzehende der U
durchschnittlich in jedem Jahre um eine halbe Ruthe abget
war. Eben so zeigt sich vielfach sehr deutlich das Zurückv
des niedrigen Seestrandes an der Preufsischen Küste. Bei
und klarer See sieht man nämlich unter Wasser die Wurze
starken Bäumen, die sämmtlich ihre natürliche Stellung b
haben, also nicht angeschwommen, sondern hier gewachsen :
einer Zeit, als diese Flächen noch festes Land oder ein l
Moor oder Torflager waren, das beim Verrotten der vegetabi
Theilchen bis unter den Meeresspiegel herabsank.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse in Meeresb
die weit zurücktreten, oder an Ufern, die im Schutze von
und ausgedehnten Untiefen liegen, wie solche vor den Stro
dungen sich oft bilden. Hier bemerkt man im Allgemeinen
Abbruch, vielmehr zeigen sich daselbst oft starke Verlan
wie bei Gelegenheit der Seemarschen (§ 14) schon erwähnt
mufs indessen darauf aufmerksam gemacht werden, dafs di
scheinung nicht dauernd eintritt, dafs vielmehr langsame, ab
unverkennbare Veränderungen sich hier vorbereiten, die in s
Zeit wieder die Zerstörung der jetzt entstehenden fruchtbar
ren in Aussicht stellen. Die Inseln, die gegenwärtig diese
gen Verhältnisse veranlassen, sind nämlich einem starken A
ausgesetzt. Der Leuchtthurm, der erst in diesem Jahrhunde
fern des nördlichen Ufers auf Wangeroog erbaut wurde, ist
seit mehreren Jahren aufgegeben und abgebrochen, weil er be
rückweichen der Ufer von der See bedroht wurde. Die Kirch
daselbst, die vor zehn Jahren noch durch eine natürliche Di
schützt war, ist gegenwärtig der augenscheinlichsten Gefahr

t, und das Dorf, noch vor wenigen Jahren als Badeort sehr be-
nt, ist grofsentheils verlassen. In den siebenzehn Jahren von
6 bis 1853 hat sich die See um 1500 Fufs, also durchschnittlich
jedem Jahre um 90 Fufs Oldenburgisch oder 85 Fufs Rheinlän-
ch dem Dorfe genähert. Bremischer Seits ist in neuerer Zeit der
such gemacht, die Kirche, die für das Fahrwasser der Weser
e sehr wichtige Landmarke bildet, durch buhnenartige Einbaue
schützen. Auf Norderney hat die Hannoversche Regierung gleich-
ls zum Schutze des dortigen Seebades sehr bedeutende Uferdeckun-
n zur Ausführung bringen lassen. Es steht dahin, ob man in
len Fällen die nöthigen Geldmittel nicht scheuen wird, um die-
n Kampf dauernd und mit Erfolg fortzusetzen. Jedenfalls wird
ein sehr ernster sein, denn die See greift hier, wie überall, die
er an und zwar am stärksten in denjenigen Punkten, die man zu hal-
n sich bemüht, weil beim Zurückweichen der angrenzenden Strecken
r Strom und mit demselben die grofse Tiefe sich diesen am mei-
n nähert. Sollten diese Inseln aber einst verschwinden, oder viel-
cht langsam zurückweichen, bis sie an das feste Land sich an-
hliefsen, so wird auch dieses bedroht, und wenn nicht etwa die
alen Verhältnisse in Folge grofser Naturereignisse sich anders
stalten oder menschlicher Fleifs der Zerstörung eine Grenze setzt,
werden nach sehr langer Zeit die reichen Niederungen, die jetzt
ch an Ausdehnung zunehmen, wieder eine Beute des Meeres
rden.

Wenn man indessen von solchen Gefahren ganz absieht, die
rst in der spätesten Zukunft drohen, so dürfte doch der sehr be-
deutende Landverlust, der an unsern Küsten in jedem Jahre ein-
tritt, die Sicherstellung der Ufer fordern. Die Kosten der Deckung
sind freilich so bedeutend, dafs der Abbruch während einiger Jahre
sie noch nicht rechtfertigt, und dieses Mifsverhältnifs stellt sich noch
um so gröfser heraus, als der Uferrand, der zunächst bedroht wird,
gemeinhin wenig Werth hat. Er pflegt mit Sand bedeckt zu sein
und nur einen geringen Ertrag zu geben. Selbst wenn Waldungen
sich bis an die See hinziehn, zeigen die vorderen Bäume nur selten
einen kräftigen Wuchs. Ihre Stämme überziehn sich, besonders vor
den westlichen Ufern, mit starkem Moose, und das Holz ist mit
Rissen durchzogen, indem der Wind grofse und kleine Aeste ab-
bricht. Gesunde Bäume findet man erst in einiger Entfernung vom

Ufer, also an Stellen, die noch nicht bedroht sind. Wenn aber d
vordere Rand mit der krankhaften Vegetation nicht erhalten wi
so setzt man die folgenden gesunden Stämme denselben nachthei
gen Einflüssen aus, und sonach trifft der Verlust beim Abbruche d
Ufers jedesmal den werthvollen dahinter liegenden Boden.

Diese Ufer-Abbrüche, die sich an unserer Küste vielfach
Strecken von mehreren Meilen Länge hinziehn, treffen gemein
einzelne Privatbesitzer, die zu einem kräftigen Schutze sich nie
entschliefsen, meist auch die dazu erforderlichen Kosten nicht a
bringen können. Gröfsere Forsten, die sich bis an den Ufer
hinziehn, versucht man freilich hin und wieder dadurch zu schütz
dafs man die steilen Ufer abflacht und mit Dünengras bepflan
Dieses Mittel hat sich indessen wohl immer ungenügend erwies
weil man ohne übermäfsige Kosten und ohne sehr grofsen La
verlust diejenige flache Böschung nicht darstellen kann, auf we
die Welle sanft auf- und abläuft (§ 5). Es bilden sich daher
bald in dieser künstlichen Dossirung stufenförmige Ab
die von jeder Welle getroffen, und von denen immer neue S
massen abgespült und fortgetrieben werden. Vor manchen Uf
sind Anlagen dieser Art mehrfach wiederholt worden, es bleibt a
zweifelhaft, ob der Abbruch derselben und das weitere Vordrin
der See hierdurch nicht sogar befördert ist, insofern der festbena
und mit Wurzeln durchzogene Boden noch mehr Widerstand g
stet haben würde, als die lockere künstliche Böschung. Jeden
hat dieser Versuch noch nie zu einem günstigen Resultate gef
Die Böschungen wurden, wie ich mehrfach sah, immer in der
zesten Zeit zerstört, und wo man die Abgrabung begonnen h
bildete sich bald ein eben so steiler Uferrand, wie er früher w
seewärts gewesen war.

Will man das Meeres-Ufer in angemessener Weise sch
so mufs bei der Deckung gröfserer Küsten-Strecken
allen Vortheilen sorgfältig Gebrauch gemacht werden, welch
örtlichen Verhältnisse bieten. Die vortretenden Uferecken, w
den zwischenliegenden Strecken einigen Schutz gewähren, m
zunächst ausgesucht und für ihre Erhaltung und Sicherstellung
zugsweise gesorgt werden. Gelingt dieses, so bietet die De
der dazwischenliegenden Ufer viel weniger Schwierigkeit und
methodischen Dünenbau wird der Strand sogar, wenn auch

›ch immer weiter vorgetrieben. Wo Hafendämme in die
bilden dieselben schon solche vorspringende Uferecken,
;jenigen Seite, welche der Küstenströmung zugekehrt ist,
fast jedesmal ausgedehnte Sandfelder vor dem früheren
ler die künstlich erzeugten Buchten füllen sich von selbst
türlichen Uferecken, die meist nur in geringerem Maafse
ind die Erfolge im Allgemeinen weniger auffallend und
anz, so dafs zuweilen auch die zwischenliegenden Strecken
chen. Durch Anwendung geeigneter Mittel läfst sich in-
es wohl jedesmal verhindern.
erstörungen, welche der Wellenschlag am aufge-
ten Boden, so wie auch an klüftigem und weichem Ge-
t, rühren nicht sowol von dem Stofse oder der unmit-
echanischen Einwirkung, als vielmehr vorzugsweise von
und bedeutenden Wechsel des Wasserspiegels her. So-
Welle das Ufer trifft, so dringt bis zur Höhe ihres Schei-
asser in alle Zwischenräume und Oeffnungen des Bodens
ich darauf fliefst es wieder zurück. Letzteres geschieht
und unmittelbar unter der Oberfläche, theils aber auch
und in beiden Fällen führt das Wasser die feinen Theil-
ich lösen und nicht etwa wegen zu grofser Dimensionen
lten werden, mit sich fort. Im Innern stellt sich aber
erbrochene, von oben nach unten gerichtete Strömung
e zur Auflockerung des Bodens und sonach auch zum
desselben wesentlich beiträgt. Der reine Sand lagert
ı bei solcher Durchströmung sehr fest ab, doch geschieht
wenn er eine horizontale oder wenigstens eine sehr flache
hat. Ist er dagegen sehr steil geböscht, wie dieses bei
len Ufern jedesmal der Fall ist, so fliefst das eingedrun-
ser seitwärts heraus und die äufsere Schicht verliert da-
Unterstützung, und folgt dem Wasser.
ders nachtheilig ist es, wenn Thon- und Sandschichten
ıd über einander liegen, wie dieses an der Preufsischen
ste vielfach vorkommt. Soweit die Wellen heraufreichen,
sehr schnell die Sandlager aus und der darauf ruhende
t alsdann herab. Diese verschiedenartige Schichtung ver-
ch noch in anderer Weise den Einsturz steiler Ufer. Die
phärischen Niederschlage gespeisten Quellen folgen näm-

lich den Sandschichten und zerstören diese besonders leicht, wenn sie seewärts geneigt sind, sie wirken also in den obern Theilen des Uferrandes in derselben Art, wie die Wellen es unten thun. Sie veranlassen häufig Abrutschungen von vielen Quadratruthen Oberfläche, und nicht nur der Rasen, sondern auch Gebüsche und selbst grofse Bäume gleiten mit den Erdmassen zugleich herab und bilden oft vor den hohen Ufern Terrassen, die mit üppiger Vegetation bedeckt sind.

Sobald die Erde bis auf den niedrigen Strand herabstürzt, so entsteht ein Schuttkegel, der zwar Anfangs den Fufs des steilen Ufers bedeckt und denselben vor dem Angriffe der Wellen sichert, aber dieser Schutz verschwindet in der kürzesten Zeit. Die Wellen stofsen die gelockerte Masse hin und her und spülen dabei die feineren Theile heraus. Die gröfseren Thonklumpen und eben so auch die Kreide zerfallen sehr bald, und nur Sand, Kies und grobes Geschiebe bleiben zurück. Der Sand und Kies wird aber von den Wellen auf- und abgeworfen und er folgt dabei der Richtung des Küstenstromes, so dafs er gleichfalls an dieser Stelle verschwindet. Endlich gewähren aber auch die herabgestürzten Granitgeschiebe, selbst wenn sie sehr grofse Dimensionen haben, keinen dauernden Schutz dem Ufer. Sie können freilich weder fortgetrieben, noch auch zerstückelt werden, aber der stets wechselnde und vorübergehend sehr starke hydrostatische Druck, den die Wellen dagegen ausüben, treibt neben und unter ihnen den Sand und Kies fort, so dafs sie nach und nach versinken. Dieses geschieht so lange, als sie den anlaufenden Wellen und dem zurückfliefsenden Wasser noch einen merklichen Widerstand entgegensetzen, also so lange sie noch vor der Sand- oder Kiesböschung über oder unter Wasser vorragen.

In dieser Weise weichen die hohen, aus aufgeschwemmtem Boden bestehenden Ufer, wo sie an die offene See treten, unaufhaltsam zurück, und die natürlichen flachen Böschungen, die sich vorübergehend bei ihrem Einsturze aus dem verschiedensten Material vor ihnen bilden, verhindern eben so wenig, wie die künstlich durch Abgrabung dargestellten Dossirungen, ihre Zerstörung. Die erwähnten Erscheinungen wiederholen sich vielfach an der Preufsischen Ostsee-Küste. Man bemerkt sie auf der Insel Rügen, wie auch an andern Stellen der Provinz Pommern, und besonders im Samlande längs dem ganzen Ufer von der Frischen bis zur Kuri-

ung. Vorzugsweise ist die nach Westen gekehrte 5 Mei-
strecke von Pillau bis Brüsterort einem starken Angriffe

das Eis wirkt in der Ostsee sehr zerstörend. Bei stren-
gefriert die See mehrere Meilen weit rings um die um-
Ufer. So konnte man im Anfange des Jahres 1828 von
er Leuchtthurme (90 Fuſs über dem Meeresspiegel) bei
t und mit guten Fernröhren kein offenes Wasser sehn.
e Decke bei Stürmen plötzlich zerbricht und die mäch-
llen von den Wellen gegen das Ufer gestoſsen werden,
n viel stärkere Abstürzungen und Einbrüche, als sonst.
tafeln werden oft in die Dünen und in andre Ufer tief
noben. Bei dieser Gelegenheit werden auch Granitblöcke,
oren waren, gehoben und weit versetzt. In den Fischer-
n östlichen Ufer von Rügen zeigen die Einwohner ver-
groſse Steine am Strande, die mit dem Eise angeschwom-

hohe Ufer in den am weitesten vortretenden Punkten zu
uſs man zunächst die Annäherung der groſsen Tiefe ver-
und hierzu dienen buhnenartige Einbaue, die man
er hinausführt. Dieselben müssen fest construirt sein, da-
m Andrange der Wellen und des Eises widerstehn. Bei
Länge und wenn Sand und Kies reichlich vorbeitreibt,
ausgedehnte Untiefen davor liegen, bilden sich an ihren
bald Ablagerungen und der Strand nimmt an Höhe und
klich zu, so daſs die Wellen das Ufer nicht mehr errei-
manchen und namentlich an den am meisten bedrohten
agert sich jedoch der Sand nur bei gewissen Winden ab,
er bei andern wieder fortgespült wird. Jedenfalls ist es
g, alle Mittel der Kunst zu versuchen, um eine dauernde
ckung mit Sand zu veranlassen, weil ohne diese das
er, wenn es auch ganz flach geböscht ist, doch bei jedem
lage immer abgeschält und dadurch bald zerstört wird.
hierdurch gelingt, einen flachen sandigen Strand vor dem
errande zu erzeugen und zu erhalten, zugleich aber auch
hmenden Vertiefung vor den Buhnenköpfen zu begegnen,
noch das hohe Ufer noch nicht gesichert, dasselbe nimmt
nach eine flachere Dossirung an, indem uamentlich das

von oben her eindringende Regenwasser Quellen bildet, die an einzelnen Stellen den Abbruch veranlassen. Durch Bepflanzung mit geeigneten Sträuchern kann man indessen ziemlich steile Böschungen dauernd erhalten, sofern ihr Fufs nur gesichert ist.

Die erwähnten Uferdeckungen wird man wegen der sehr grofsen Kosten, die sie verursachen, jedesmal auf das geringste Maafs beschränken, doch darf man nicht etwa einzelne isolirte Einbaue ausführen, weil dabei besorgt werden mufs, dafs zwischen denselben und dem abbrechenden Ufer tiefe Rinnen sich bilden, wodurch die ganze Anlage leicht zerstört werden könnte. Dieser Uferschutz mufs daher jedesmal sich auf einige hundert Ruthen ausdehnen. Die sogenannte Hondsbossche Zee-Wering vor dem Dorfe Petten in Nord-Holland besteht aufser dem fortlaufenden Deckwerke in fünf und dreifsig langen Buhnen, die ein Ufer von 1350 Ruthen oder zwei Drittel Meilen Länge schützen. Die Verhältnisse sind mit den so eben beschriebenen nicht ganz übereinstimmend, insofern dieses Ufer ein flaches ist. Dasselbe besteht nur aus dem niedrigen Marschboden, den Seesand überdeckt, und letzterer bildet eine Dünenkette, die jedoch an dieser Stelle sehr schwach war, und einen Einbruch des Meeres in das Binnenland oder in den sehr fruchtbaren Polder Zype besorgen liefs. Die Düne ist daher in einen künstlichen Sanddeich verwandelt. Auch tritt dieses Ufer keineswegs vor die angrenzenden Strecken weit vor, es bildet vielmehr nur eine flache Ecke, die aber wegen der grofsen Tiefe besonders bedroht wurde.

In vielen Fällen ist diese Sicherung einzelner Uferstellen ganz entbehrlich, weil der Strand schon an sich eine einspringende Curve bildet. Dieses ist z. B. an der Frischen Nehrung der Fall, deren seeseitiges Ufer von der neuen Mündung der Weichsel bis zu den Molen vor Pillau sehr nahe einen Quadrant von 8 Meilen Radius beschreibt. Hier stellt sich die flache Bucht, welche die Richtung des Strandes im Allgemeinen bezeichnet, schon von selbst dar, und es ist nicht mehr erforderlich, einzelne Punkte darin durch besondere Schutzmittel zu befestigen. Wo die Küste sich mehr in gerader Richtung hinzieht, wie etwa in Hinter-Pommern, wird man die Festpunkte vorsichtig aussuchen müssen, damit der fernere Abbruch sich auf das Minimum beschränkt, und zugleich die Kosten der Deckung sich nicht zu hoch stellen. Man wird aber diejenigen Punkte wählen, die schon an sich am weitesten in das Meer vor-

Küsten, die also aus dem festesten Boden bestehn. Hierbei tritt noch der wesentliche Vortheil ein, dafs gerade an diesen Uferstellen auch die meisten Granitgeschiebe vorzukommen pflegen, wodurch die Anlage der buhnenartigen Einbaue sich sehr erleichtert. Selbst die davor liegenden Steine, die bereits unter den Wasserspiegel herabgesunken sind, können noch vortheilhaft zu diesen Bauten angewendet oder unmittelbar benutzt werden. Sie werden aber in ihrer Lage gesichert und vor weiterem Versinken geschützt, wenn sie sich an gröfsere Werke anlehnen.

In den Intervallen zwischen je zweien solcher vortretenden und befestigten Eckpunkte bildet sich, wie erwähnt, ein flachgekrümmtes Ufer aus. Gemeinhin besteht dasselbe aus einer Sand- oder Kies-Ablagerung. Wenn dagegen noch abbrüchige Thonufer darin vorkommen, so treten diese im Laufe der Zeit weiter zurück, und vor ihnen lagern sich wenigstens zeitweise Sandmassen ab. In beiden Fällen kommt hier der eigentliche Dünenbau in Anwendung, der die Bildung eines dauernden Strandes bezweckt.

Es ist bereits mitgetheilt, dafs mit Ausnahme solcher Felsufer, die eine sehr grofse Tiefe vor sich haben, Kies- oder Sandmassen vor den Ufern treiben, die vom Wellenschlage in Bewegung gesetzt, der Richtung des Stromes folgen. Vor flachen Ufern werden sie nicht in die Tiefe herabgezogen, sie bleiben vielmehr in solcher Höhe, dafs sie vom starken Wellenschlage wieder getroffen und oft gegen das Ufer geschleudert werden. Sehr grofse Massen dieses Sandes liegen vor den Ostsee-Küsten und vermehren sich durch den fortdauernden Abbruch der Ufer. Sie sind theils den Hafen-Mündungen sehr gefährlich, die sie bei starken Stürmen sperren, wenn keine kräftige Ausströmung dieses verhindert, theils aber fliegen sie auch weit landeinwärts und überdecken Aecker und Wiesen, denen sie die Ertragfähigkeit nehmen und die sie oft in ganz werthloses Terrain verwandeln. Dieser aufgewehte Sand lagert sich indessen keineswegs gleichmäfsig ab, er bildet vielmehr, durch zufällige Umstände veranlafst, Hügel, die sich oft bis 50 und selbst 100 Fufs erheben und durch tiefe Thäler von einander getrennt sind. Jede Cultur wird hier um so zweifelhafter, als diese Hügel keinen Bestand haben und durch zufällige Umstände bei starkem Winde leicht forttreiben und an einer andern Stelle sich aufbauen. Diese Hügel, die in langen Reihen neben einander, und oft auch mehrfach hinter

einander liegen, nennt man Dünen. Die eigenthümlichen Erscheinungen, die sie zeigen, werden später ausführlich beschrieben werden, da sie beim Dünenbau nicht unbeachtet bleiben dürfen.

Der Dünenbau zerfällt in zwei wesentlich verschiedene Theile. Einmal und zwar in den meisten Fällen versteht man darunter die Cultur der Dünen, also vorzugsweise ihre Bepflanzung mit gewissen Bäumen. Wenn man, wie gewöhnlich geschieht, sich hierauf allein beschränkt, so erreicht man allerdings zuweilen sehr augenfällige Erfolge, aber in dieser Weise wird das Uebel nicht in seiner Wurzel beseitigt und die Bemühungen erweisen sich oft ganz vergeblich und müssen alsdann periodisch immer von Neuem wieder aufgenommen werden. Will man das Land gegen den Flugsand sicher stellen und zugleich die Culturen im Innern vor neuen Verwüstungen schützen, so kommt es zunächst darauf an, das Forttreiben des von der See aufgeworfenen oder durch die Strömung herbeigeführten Sandes vollständig zu verhindern. Diese letzte Absicht steht aber in der innigsten Verbindung mit derjenigen, welche sich auf die Sicherung des Ufers vor neuen Abbrüchen bezieht. Derselbe Sand, der im Binnenlande so verderblich ist, würde einen wesentlichen Schutz dem Ufer gewähren, wenn er vor demselben aufgefangen und sicher abgelagert würde. Die hierzu geeigneten Vorkehrungen zu treffen, ist die zweite und unbedingt die Hauptaufgabe des Dünenbaues. Diese fällt ganz in das Gebiet des Wasserbaues. Sie ist von der äufsersten Wichtigkeit, insofern sie dahin gerichtet ist, den weitern Abbruch der Ufer zu verhindern, und diese sogar dem Angriffe der Wellen ganz zu entziehn. Aufserdem werden hierdurch auch die Mündungen der Häfen in hohem Grade vor Versandungen geschützt, und endlich gewinnen nur hierdurch die Forst-Culturen auf den inneren Dünen einen geregelten und dauernden Fortgang. Den glänzendsten Erfolg, den man in der letzten Beziehung erreicht hat, findet man gerade auf denjenigen Uferstrecken, wo mit der gröfsten Sorgfalt eine regelmäfsig und ununterbrochen fortlaufende Vordüne am Strande gebildet ist, die in ihrer Graspflanzung die antreibenden Sandmassen immer auffängt, und dadurch mit mäfsiger Nachhülfe sich dauernd verbreitet und erhöht. Vielfach betrachtet man den Dünenbau als gar nicht zum Wasserbau gehörig, er steht aber mit diesem in der innigsten Beziehung und für einen grofsen Theil der Küsten der Ostsee, so wie auch

ıdrer Meere, bildet er sogar den wichtigsten Abschnitt in dem eeufer-Bau.

Endlich giebt es noch andre Arten von Ufer-Befestigungen, die war am offenen Meere nicht leicht vorkommen, die aber an Strom-lündungen und Meerbusen und solchen Ufern, wo ausgedehnte Un-iefen oder Inseln davor liegen, sich vielfach wiederholen. Sie be-wecken grofsentheils den Schutz von niedrigem Terrain und ge-wöhnlich sogar von Marschboden. Sie schliefsen sich daher unmit-elbar an diejenigen Bauten an, welche bei Gelegenheit der See-leiche bereits behandelt sind. Es soll daher mit ihrer Beschreibung ler Anfang gemacht und zugleich derjenigen ähnlichen Anlagen er-wähnt werden, die man zur Sicherung andrer, besonders wichtiger Uferstellen zur Ausführung gebracht hat.

§. 21.
Uferdeckungen.

Die unmittelbare Befestigung eines Seeufers hat gemeinhin nur den Zweck, den weitern Abbruch zu verhindern, ohne dafs dabei auf die Bildung von Vorland oder auf die Entfernung einer tieferen Stromrinne Bedacht genommen wird. Eine solche Uferdeckung bleibt daher dauernd dem Angriffe des Meeres ausgesetzt. Sie mufs be-sonders fest und sicher ausgeführt sein, wenn sie entweder ursprüng-lich schon sehr tiefes Wasser und vielleicht eine heftige Strömung vor sich hat, oder wenn die tiefe Stromrinne später sich ihr nähert. Um sie vor den Gefahren zu sichern, die im letzten Falle ihr dro-hen, pflegt man Einbaue oder Buhnen vor sie vortreten zu lassen, wodurch der Angriff auf die Köpfe von diesen übertragen wird. Hiervon wird im Folgenden die Rede sein. Die eigentliche Ufer-deckung bezweckt vorzugsweise den Schutz gegen Wellenschlag, und die Methoden, wodurch dieser dargestellt wird, sind nach den ver-schiedenen Local-Verhältnissen wesentlich verschieden. Namentlich ist die Wahl der Constructionsart davon abhängig, ob Fluth und Ebbe statt findet, ob eine grofse Tiefe vor dem zu deckenden Ufer liegt, und ob der Boden aus festerem Gebirge, oder nur aus Sand oder Thon besteht.

Am häufigsten wiederholt sich der Fall, der an der Deutsche Nordsee-Küste vielfach vorkommt, dafs nämlich die zu schützenden Niederungen aus fruchtbarem und zähem Klaiboden bestehn, und ausgedehnte Sandbänke oder Watte davor liegen, auch wohl ganze Inselreihen den Wellenschlag wesentlich mäfsigen und gemeiniglich sogar die Annäherung eines starken Stromes verhindern. Diese Umstände sind ohne Zweifel überaus günstig, und erleichtern wesentlich die Ausführung, nichts desto weniger pflegt man selbst diesen leichten Kampf nur zu beginnen, wenn irgend ein Punkt oder eine Linie bedroht wird, die für die Sicherung eines gröfsern Landstriches oder eines bedeutenden Ortes von Wichtigkeit ist. Gewöhnlich handelt es sich hiebei um die Erhaltung eines Deiches, dessen Vorland oder Aufsendeich man nicht dem Abbruche Preis geben darf, ohne ihn selbst der augenscheinlichsten Gefahr, und bei seinem Bruche die ganze durch ihn geschützte Niederung der Ueberschwemmung auszusetzen. Die Sicherung des Vorlandes ist daher keineswegs allein für den Eigenthümer desselben von Wichtigkeit, sondern der ganze Deichverband mufs sich dabei betheiligen, und überdiefs tritt in diesem Falle auch nicht der bereits erwähnte Uebelstand ein, dafs der Boden, bevor er vom Meere abgebrochen wird, sich mit Sand bedeckt und seine Fruchtbarkeit verliert. Die Marschen an der Deutschen und Niederländischen Küste bis zum Helder, oder der nördlichen Spitze der Provinz Holland, haben keinen eigentlichen Strand und keine Dünen vor sich, sie leiden daher auch nicht von dem Sandfluge, wie die offenen Meeresküsten, und die davor liegenden Inseln.

Unter den bezeichneten Local-Verhältnissen kommt es nur darauf an, ein niedriges Ufer, das wenig höher ist, als die gewöhnliche Fluth, gegen Abbruch durch Wellenschlag zu schützen, während der Fufs desselben durch das davor liegende Watt, das bei jeder Ebbe trocken wird, gegen Grundbruch gesichert ist. Wo Letzteres nicht geschieht, und vielmehr eine tiefe Stromrinne dem Ufer sich nähert, wird die Anlage von Buhnen nothwendig. Nichts desto weniger ersetzen diese noch keineswegs die Uferdeckung, oder machen dieselbe entbehrlich, da der Wellenschlag auch zwischen den Buhnen seine verheerende Wirkung ausübt, und in ihrer Nähe der Angriff oft sogar noch stärker wird, als in solchen Strecken, wo sie ganz fehlen.

Bei der Wahl der Uferlinie wird man eben so, wie bei der ge von Seedeichen nicht durch die Rücksicht auf Erhaltung der igen Profilweite beschränkt, die bei Strombauten nie unbeachtleiben darf und oft vorzugsweise maafsgebend ist. Nur in dem e, wenn die Mündung eines grofsen Stromes oder eines weit gedehnten Busens sehr beengt sein sollte, was jedoch wohl nie kommt, würde man selbst bei diesen Ufer-Einfassungen hierauf ksicht nehmen müssen. Andere Umstände sind dagegen von so rwiegender Wichtigkeit, dafs man gemeinhin sich nur innerhalb r beschränkter Grenzen bewegen kann. Einerseits kommt es auf an, das noch vorhandene Vorland möglichst vollständig zu alten, und andrerseits fehlt es an der nöthigen Erde, um das r künstlich herausrücken zu können. In den Marschen finden keine Hügel und sonstige Erhöhungen, die man abgraben könnte, l wo man hier auch nur eine mäfsige Erniedrigung des Bodens nimmt, stört man schon die Entwässerung oder setzt die Fläche höherem Grade der Inundation aus und beeinträchtigt dadurch e Benutzung. Die Aushebung tiefer Pütten hinter einem Ufer, der künstlichen Deckung bedarf, also dem Angriffe ausgesetzt , würde gleichfalls gefährlich sein, und eben so bedenklich wäre , in diesem Falle das davor liegende Watt durch Abgrabung noch t erniedrigen. Aber selbst hiervon abgesehn, müfste man Anstand hmen, ausgedehnte Flächen hinter solchem Ufer durch Anschüttung frischer Erde darstellen zu wollen. Der Kostenpunkt macht s aufserdem gewöhnlich ganz unmöglich, in dieser Weise das Ufer vorzurücken.

Hiernach mufs man sich darauf beschränken, das bestehende Ufer mit der Deckung zu verfolgen, indem man weder vor dasselbe weit vortritt, noch auch dahinter merklich zurückbleibt. Die Aufgabe besteht also nur darin, die kleineren Unregelmäfsigkeiten des Ufers auszugleichen, und für dasselbe eine möglichst gleichmäfsige Linie zu wählen. Wollte man alle kleineren Buchten und vorstehenden Ecken beibehalten, so würde theils die Länge des Deckwerkes und sonach auch die Kosten desselben ansehnlich vergröfsert werden, theils aber gäbe man hierdurch auch Veranlassung zur Verstärkung des Angriffes, also auch zur Erschwerung der Unterhaltung des Werkes. Die vortretenden Ecken sind vorzugsweise einem heftigen Angriffe durch die Wellen ausgesetzt, indem sie bei ver-

schiedenen Windrichtungen mit voller Kraft getroffen werden, während in den geraden Uferstrecken die Wellen nur bei einer Richtung besonders heftig aufschlagen. Aufserdem verstärkt sich aber auch in dem Scheitel einer einspringenden Bucht der Wellenschlag, und sonach ist selbst die Bildung von Buchten für die Erhaltung des Ufers nachtheilig. Dazu kommt noch der Uebelstand, dafs die tieferen Stromrinnen im Meere, eben so wie in den oberländischen Strömen, zum Serpentiniren geneigt sind, und in den Krümmungen die concaven Ufer angreifen. Die Ufereinfassung, wenn sie eine weite Bucht darstellt, kann zum Entstehn solcher gekrümmten Rinnen Veranlassung geben, falls eine getrennte Sandbank davor liegt, und alsdann würde die Deckung augenscheinlich in Gefahr kommen.

Hiernach begründet sich die Regel, die Uferlinien am Meere möglichst gerade zu halten, und sie in sanften Krümmungen in andre Richtungen überzuführen, wenn das Ufer entschieden solche annimmt. Man mufs aber die Linie so legen, dafs die kleineren abgeschnittenen Buchten und die vorspringenden Ecken sich möglichst ausgleichen, und mit der von den letzteren gewonnenen Erde die ersteren ausgefüllt werden können.

Steile Böschungen giebt man allerdings zuweilen den Ufern, wenn ihre Zurücklegung unmöglich ist. Dieser Fall kommt in den Niederlanden wiederholentlich vor, namentlich wenn der Aufsendeich schon vollständig verschwunden, und das Ufer bis an den Fufs des Deiches bereits abgebrochen ist, oder letzterer seine äufsere Böschung ganz verloren hat. Von den Mitteln, die man in diesem Falle anwendet, ist früher (§ 16) die Rede gewesen.

In der Regel, und wenn es irgend geschehn kann, giebt man dem Ufer und sonach auch dem Deckwerke eine flache Böschung wenigstens mit dreifacher Anlage, doch ist es vortheilhafter, letztere vierfach oder fünffach zu machen, weil sie sich alsdann besser hält. Sie mufs aber bis zu dem Watte herabreichen, und wenn dieses nicht möglich sein sollte, in ihrem Fufse noch besonders gesichert werden. Andrerseits erhebt sie sich wenigstens bis zum Maifelde, d. h. bis zur Oberfläche des berasten Bodens.

Die Deckung des Ufers mit Strauch kommt zuweilen vor, doch ist eine solche am Meere meist sehr theuer, weil das Strauch in der Nähe nur spärlich wächst, überdiefs ist dasselbe bei der abwechselnden Benetzung auch wenig dauerhaft, und endlich gewährt

n nicht hinreichenden Schutz, wenn es nicht in sehr starken Lagen fgebracht wird. Beim Aufschlagen der Wellen dringt nämlich s Wasser mit Heftigkeit zwischen den einzelnen Reisern hindurch, d greift den Untergrund an, woher bald einzelne Stellen versin- n und die ganze Deckung zerstört wird. Aus diesem Grunde gt man das Strauch zur Uferdeckung nur selten und, wie bei rstellung schadhafter Deiche, nur in dem Falle anzuwenden, nn es sich um augenblickliche Vertheidigung eines hart bedroh- Ufers handelt, und man kein andres Material beischaffen kann. ähnlicher Weise sind zuweilen auch Verkleidungen der Ufer mit den versucht worden, die aber noch weniger ihren Zweck erfül- . Die Anwendung des Strauches als Unterlage für Steinrevete- nts kommt dagegen häufig vor, und bei der geschützten Lage, es in diesem Falle annimmt, zeigt es sich auch dauerhafter. Da och hierbei vorzugsweise die Steine zur Deckung des Ufers die- , so wird die betreffende Construction später beschrieben werden.

Die flachere oder steilere Dossirung, welche den Aufsendeich r anderes höheres Terrain gegen das Meer begrenzt, ist, soweit von den Wellen stets getroffen wird, ganz kahl, und weder uch, noch auch Gras oder andere Pflanzen wachsen darauf. Der rke Salzgehalt des Seewassers und die vielfache Benetzung ver- dern das Gedeihen des Weidenstrauches und andrer Gebüsche, ährend die auflaufenden Wellen die Bildung des Rasens unmög- h machen. Auf den beinahe horizontalen Oberflächen der Watte it man freilich verschiedene Kräuter, und eben so findet man ch am Fufse der Dünen vor einem Sandufer gewisse Strandgrä- r; der geneigte Rand, von dem hier die Rede ist, und auf dessen haltung es vorzugsweise ankommt, überzieht sich indessen nie t einer Vegetation, und zu seiner Deckung können daher die nstlichen Bepflanzungen nicht benutzt werden, die zur Erhaltung d Ausbildung der Flufsufer von so wesentlichem Vortheile sind.

Die einfachste und wohlfeilste Art der Deckung solcher Ufer- nder, die aber freilich auch sehr vergänglich ist, besteht in einer kleidung mit Stroh, oder in der Stroh-Bestickung. Fig. 49 igt dieselbe, sowol in der Ansicht von oben (*a*), als auch im ngendurchschnitte (*b*). Man überdeckt das Ufer, soweit es gesi- hert werden soll, nachdem es geebnet und etwa mit dreifacher nlage abgeböscht ist, mit einer Lage Stroh. Die sämmtlichen

Halme sind unter sich parallel und normal gegen die Richtung
Ufers gekehrt, so dafs sie in derjenigen Richtung liegen, welche
stärksten Neigung entspricht. Diese Lage wird möglichst
fsig gebildet, so dafs sie überall gleiche Stärke hat, auch die
gehörig abwechseln. Die einzelnen Bunde Stroh müssen,
sie gelöst und ausgebreitet sind, sowol nach oben, als nach
verschoben werden, damit die Enden der Halme gehörig in
der eingreifen, und nicht etwa getrennte Streifen entstehn,
welchen der Erdboden unbedeckt bliebe. Die Stärke dieser
braucht nicht gröfser zu sein, als dafs sie nur so eben die
vollständig deckt, wenn sie durch die darüber gestickten Stroh
fest angedrückt wird. Man begnügt sich daher, ihr solche
zu geben, dafs das Stroh, so lange es lose liegt, durchschnitt
etwa 1 Zoll hoch ist. Kann man Haidekraut oder andre wert
Stoffe in der Nähe gewinnen, so pflegt man auch mit solchen
Böschung zuerst zu überdecken, und alsdann eine schwächere
lage darüber auszubreiten. Die letztere läfst sich in diesem
auch sehr vortheilhaft durch Rohr ersetzen, und oft begnügt
sich damit, eine Lage Rohr allein anzuwenden, doch mufs die
alsdann etwas stärker, als die Strohlage sein, weil die einzel
Halme dicker und steifer sind, also gröfsere Zwischenräume
lassen, durch welche das Wasser den darunter befindlichen Erd
den angreifen könnte.

Die Bestickung geschieht durch Strohseile, die ohne weite
Vorrichtung auf der Baustelle aus freier Hand nicht geflochten,
dern nur gewunden werden. Bei ihrer Anfertigung kommt es
zugsweise darauf an, dafs die Enden der Halme gut verstofsen
Ein zu starkes Winden ist nicht vortheilhaft, weil alsdann das
in den scharfen Biegungen, die es machen mufs, leicht bricht
reifst. Die Dicke des Seiles mifst gewöhnlich etwa $1\frac{1}{4}$ Zoll.
solches Seil, das während seiner Befestigung durch einen besond
Arbeiter fortwährend verlängert, oder frisch angesponnen wird,
man über jene Strohlage, so dafs es die Richtung der einzelnen
Halme der letzteren kreuzt, und man befestigt dieses Seil, indem
man es in geringen Abständen mit der Sticknadel fafst, und es i
die Erde herabstöfst. Die Figuren zeigen mehrere solcher Stich
oder Krampen, mit denen das Seil bereits befestigt ist, so wi

uf der rechten Seite diejenige Lage, die man dem Seile gefs, um eine neue Krampe darzustellen.

e Sticknadel ist Fig. 50 in der Ansicht von zwei Seiten ellt. Sie besteht oft aus Eisen, häufig aber auch nur aus Holze. Im ersten Falle ist sie dauerhafter, dringt auch leichden Boden ein, doch beschädigt sie alsdann in höherem Grade ohseile und durchschneidet sie wohl gar, woher die hölzerdeln den Vorzug verdienen. Die Nadel ist in beiden Fäl untern Ende flach und nicht über einen halben Zoll dick, eite misst daselbst zwischen 2 und 3 Zoll, je nachdem sie lz oder Eisen besteht, und sie ist gabelförmig mit einer Verversehn, worin das Strohseil reichlich Platz findet. Bevor ie Nadel auf das Seil aufsetzt, zieht man letzteres soweit aus, , ohne zu zerreifsen, bis zur beabsichtigten Tiefe herabgewerden kann. Es darf aber kaum erwähnt werden, dafs hneide der Nadel sich parallel zu den Halmen der Strohlage und sonach zwischen denselben hindurchdringt, ohne sie mit nziehn und dadurch die Lage selbst in Unordnung zu bringen. um Herabstofsen des Strohseiles ist eine bedeutende Kraft erlich, und damit diese gehörig ausgeübt werden kann, mufs die jedenfalls eine angemefsne Länge haben, und mit einer ben Handhabe versehn sein. Man pflegt sie daher etwa 2 Fufs zu machen, und wenn sie aus Eisen besteht, sie am obern mit einem Bügel zu versehn. Bequemer ist jedoch die in der Fiargestellte Einrichtung, die man auch vielfach benutzt. Das obere der Nadel ist nämlich mit einer hölzernen Scheibe von etwa oll Durchmesser verbunden, und der Arbeiter stöfst das Seil und bildet die Krampe, indem er sich auf diese Scheibe, wie inen Stuhl, setzt. Dafs Uebung erforderlich ist, um das Seil mal scharf anzuziehn, ohne es zu beschädigen, bedarf kaum Erwähnung. Die Arbeit schreitet so rasch vor, dafs in der Mivier bis sechs Krampen durch einen geübten Arbeiter gemacht en, und indem mehrere Seile gleichzeitig gesponnen und vert werden können, so läfst sich diese Deckung in sehr kurzer ausführen.

Gewöhnlich erhält jedes Seil auf einen Fufs Länge drei Kramdiese sind also von Mitte zu Mitte 4 Zoll von einander ent-

2*

fernt. Eben so weit pflegen auch die einzelnen Seile von
gelegt zu werden, woher auf jeden Qudratfuſs neun Krampe
Wenn es sich nur um eine vorläufige Deckung handelt, s
die Strohseile in dem doppelten Abstande von einander ge
her die Arbeit schon in der halben Zeit beendigt ist, un
werden die fehlenden Seile dazwischen eingestickt. Diese T
ist insofern bequem und ohne Nachtheil, als man schon un
nach der Erndte, wo die Feldarbeiten die Kräfte noch sehr
spruch nehmen, das Ufer leicht sichern und gegen die ersten
stürme schützen kann, während vor dem Eintritt des Wint
mehr Muſse findet, um die Deckung zu vervollständigen.

Daſs die Krampen in den einzelnen Seilen versetzt
ergiebt sich schon aus der Figur, und es leuchtet ein, daſs
festigung der Strohlage, worauf es doch allein ankommt, h
wesentlich gewinnt. Die Tiefe, zu welcher die Strohseile
ſsen werden, ist sehr verschieden, je nachdem der Boden me
oder Sand enthält, und je nachdem der Wellenschlag sc
oder stärker ist. Unter günstigen Umständen begnügt m
die Krampen 3 Zoll tief eingreifen zu lassen, während o
6 Zoll noch nicht für ausreichend erachtet werden, und di
8 bis 9 Zoll Tiefe erhalten müssen.

Die Stroh-Bestickung ist keineswegs als dauerhaft a
wiewohl sie, so lange das Material noch frisch ist, dem Uf
guten Schutz gewährt. Das Stroh verliert aber bei der abw
den Benetzung sehr bald seine Festigkeit, und wird alsdan
von den Wellen zerrissen, woher die Unterhaltung einer
Decke in jedem Jahre beinahe eben soviel kostet, als ob
ständig erneut würde. Woltman giebt die Kosten einer ne
stickung zu 2 Thlr. für die Rheinländische Quadratruthe
jährliche Unterhaltung aber nur um den siebenten Theil
Auſserdem leidet die Bestickung auch sehr stark durch v
bendes und aufschlagendes Eis, und selbst wenn sie noch
fest ist, kann sie diesem Angriffe nicht widerstehn. Man p
her bei Ufern, die einer solchen Gefahr ausgesetzt sind, we
an dem Fuſs der bestickten Flächen Reihen von Pfählen ein
gen, die etwa 1 Fuſs mit den Köpfen vorstehn, und daher
weder vom Eise getroffen werden und den Stoſs desselben au
Unter andern Verhältnissen, wo die Benetzung nicht s

auch der Angriff im Allgemeinen schwächer ist, wie etwa
zelnen vom Rasen entblöfsten Stellen des Vorlandes und
auf den äufsern Dossirungen der Deiche, zeigt sich die Stroh-
ung oft viel vortheilhafter, und mehrfach habe ich in solchen
bemerkt, dafs das Gras durch das Stroh hindurchwächst und
letzteres verfault, hat sich die früher entblöfste Stelle wieder
em kräftigen Rasen überzogen.

el dauerhafter ist die Bedeckung des Ufers mit Steinen,
erachtet der gröfseren Kosten der ersten Anlage immer mehr
g findet. Die Construction ist an sich sehr einfach, in-
ur eine Schicht Feldsteine auf das vorher regelmäfsig abge-
s Ufer gepackt wird. Man pflegt der Böschung meist eine
he Anlage zu geben, doch kommen zuweilen flachere und
selten auch steilere Böschungen vor. Je steiler indessen das
ansteigt, um so gröfser ist die Gefahr, dafs die darauf liegen-
Steine herabfallen. Man pflegt solchen Ufern, die einem be-
ers starken Wellenschlage ausgesetzt sind, recht flache Böschun-
n geben. Indem aber der Wellenschlag mit der Höhe des
serstandes zunimmt, und sonach der obere Theil eines Ufers
mal einem stärkeren Angriffe ausgesetzt ist, als der untere, so
man zuweilen dem obern Theile eine flachere Böschung als
untern, oder man bildet das Profil nicht nach einer geraden
, sondern nach einer Curve, deren hohle Seite abwärts gekehrt
Namentlich hat Woltman dieses wiederholentlich empfohlen,
denselben Vorschlag auf die äufsern Böschungen der Deiche
dehnt. Diese Anordnung kann indessen in sofern nicht für
nd angesehn werden, als die Beschädigungen in der Nähe des
s ebensowol bei Uferdeckungen, wie bei Deichen, viel gefähr-
in ihren Folgen und zugleich viel schwieriger wiederherzu-
n sind, als wenn hoch liegende Stellen angegriffen werden, die
bald nach dem Eintritt der Ebbe sichtbar sind und alsdann
bessert werden können. Aus diesem Grunde dürfte das all-
in befolgte Verfahren, den Ufern in ihrer ganzen Höhe eine
hmäfsige Neigung zu geben, sich rechtfertigen, und eine
ichung davon wäre nur in sofern zulässig, als man die scharfe
e zwischen der Dossirung und der Krone vermeiden mufs, weil
derselben die Steine zu leicht von den Wellen herausgeworfen
en. Wenn daher diese Kante nicht durch Pfähle oder auf andre

Art gesichert wird, so thut man wohl, die Böschung durch eine kurzem Bogen gekrümmte Fläche mit der horizontalen Krone zu binden. Fig. 51 zeigt eine gleichmäſsige Böschung, Fig. 53 solche, die nach Woltman's Vorschlag oben flacher geneigt ist, unten, und Fig. 54 eine Böschung, die mit sanfter Krümmung in Krone des Werkes übergeht.

Die Steindecke wird nicht leicht unmittelbar auf den natürlichen Boden gelegt, weil das Wasser, indem es durch die Fugen zwischen den einzelnen Steinen hindurchdringt, den letzteren greifen und ausspülen, und dadurch die ganze Uferdeckung in Unordnung bringen würde. Man pflegt daher unter allen Umständen und selbst, wenn der Boden aus sehr zähem und festem Thon besteht, eine Unterlage anzubringen, welche den unmittelbaren Angriff des Wassers auf den Untergrund verhindert. In welcher Art dieser Angriff beim Wellenschlage erfolgt, ist leicht zu ersehn. Das heraufgeworfene Wasser flieſst nämlich durch die Fugen der Steinböschung wieder zurück, und wenn es dabei keinen offenen Wege findet, so wirkt es mit einem der Niveau-Differenz entsprechenden Drucke auf den Untergrund und spült denselben aus. Es kommt sonach darauf an, entweder durch eine recht lose Unterlage, wie etwa durch Strauch, jene Wege immer offen zu halten, oder den natürlichen Boden so sicher zu bedecken, daſs er dem Angriffe ganz entzogen wird. Im letzten Falle muſs aber die Zwischenlage aus so grobem Material bestehn, daſs sie von dem Wasser nicht selbst fortgespült wird. Diese Rücksichten sind beim Sande wichtiger, als beim Thonboden. Vorläufig ist nur von dem letztern die Rede, aber obwohl derselbe dem Angriffe viel kräftiger widersteht, und daher die darauf liegende Steindecke sich im Allgemeinen besser erhält, als auf jenem, so muſs dennoch auch für eine passende Unterlage gesorgt werden.

Das Material, welches man im vorliegenden Falle zu diesem Zwecke wählt, ist gewöhnlich Strauch, das man in dünnen Lagen etwa 4 bis 6 Zoll hoch über die Dossirung ausbreitet. Zuweilen wählt man dazu auch Haidekraut oder Haiderasen, die jedoch weniger dauerhaft sind. Das Strauch verrottet aber nach einigen Jahren, und indem alsdann der Untergrund ausgespült wird, so ist sich der Eintritt dieses Zeitpunktes an dem unregelmäſsigen Versinken einzelner Steine zu erkennen. Bei der alsdann erforderlichen

aratur des Deckwerkes kommt es nur auf die Ausebenung der
chang und die Erneuung des Strauches oder der sonstigen Un-
ge an, indem die Steine vollständig wieder benutzt werden
sen. Wenn dieselben passende Gröfse haben und sorgfältig ver-
t waren, auch die Instandsetzung nicht zu lange verschoben
le, so geschieht es nicht leicht, dafs ein merklicher Theil der
ne von den Wellen fortgespült wird, oder versinkt, und man
rf daher gemeinhin nur eines sehr geringen Zusatzes von neuen
nen.

Diese vollständige Erneuung der Unterlage kann man indessen
ehn, wenn man groben Kies oder Bauschutt dazu verwendet.
erer ist unter den localen Verhältnissen, von denen hier die
e ist, gemeinhin nicht leicht zu beschaffen, dagegen kann man
letzteren meist für mäfsige Kosten aus der Nachbarschaft be-
n, und seine Anwendung ist daher, wenn auch der Ankauf des
uches noch wohlfeiler ist, doch in Betreff der Unterhaltung zu
pfehlen. Dieser Bauschutt mufs, wenn er den bezeichneten Be-
gungen entsprechen soll, aus Ziegelbrocken und Stücken von
tem Mörtel bestehn, und der Zusatz an solchen Bestandtheilen,
e im Wasser zergehn oder ganz locker sind, wie etwa Lehm, darf
cht bedeutend sein. Bei Anwendung dieses letzten Materials kann
an die Festigkeit der Steindecke noch wesentlich vergröfsern, wenn
an jeden Stein stark nachrammt, und ihm dadurch ein genau
chliefsendes Lager giebt.

Was die Steindecke selbst betrifft, so besteht diese gemein-
in und namentlich an der Deutschen Küste aus einer einfachen
Lage von Granitgeschieben, wie solche im nördlichen Deutschlande
n dem höheren aufgeschwemmten Boden vielfach vorkommen. Man
verwendet statt derselben zuweilen auch Sandsteine aus Bornholm
oder Granit aus Schweden, und in beiden Fällen pflegen die Steine
ziemlich regelmäfsig behauen zu sein, so dafs sie theils fester lie-
gen, theils aber auch die Fugen weniger geöffnet sind, und daher
der Untergrund von dem durchdringenden Wasser weniger leidet.
Alsdann braucht die Steindecke nur etwa 9 Zoll stark zu sein, wäh-
rend man ihr im ersten Falle eine durchschnittliche Stärke von we-
nigstens 12 Zoll, und oft sogar von 18 Zoll giebt. Die Kosten der
aus weiter Ferne bezogenen Steine sind indessen so bedeutend, dafs
man davon nicht leicht Gebrauch machen kann, vielmehr geschieht

dieses nur vor besonders fruchtbaren Marschen, deren B
sich durch Wohlhabenheit auszeichnen. Die zuerst erwähn
nitgeschiebe pflegen ihren Zweck auch vollständig zu erfülle
man diejenigen Steine, die kein sicheres Lager haben,
der spaltet oder ganz verwirft, und dafür sorgt, dafs alle St
man verwendet, ungefähr von gleicher Höhe sind und recht
geschlossen versetzt werden. Eine vollständige Abpflaste
wie ein Verzwicken der Fugen kommt hierbei nicht vor,
Untergrund zu weich und zu nachgebend ist, als dafs d
mäfsige Oberfläche sich dauernd erhalten liefse. Aufserd
man auch darauf Rücksicht nehmen, dafs bei der beschriebe
struction vielfache Reparaturen ganz unvermeidlich sind,
fast in jedem Jahre wiederholen, dieselben aber bei einer se
Verpackung der Steine sogar erschwert werden.

Bei heftigen Stürmen und starkem Wellenschlage wer
fig einzelne Steine herausgerissen, und indem alsdann d
Steine, welche zunächst oberhalb liegen und sich gegen di
ten, theils ihre Unterstützung verlieren, theils aber auch
Stofse der Wellen um so stärker getroffen werden, so pf
bald gleichfalls nachzugeben, und in dieser Weise verlie
Uferböschung in kurzer Zeit einen grofsen Theil ihrer De
mit die Beschädigungen dieser Art sich nicht zu weit au
so pflegt man die zu schützende Fläche durch dazwischen g
Pfähle in einzelne Felder oder Caissons zu zerlegen. Di
51 und 52 zeigen diese Anordnung sowol im Querschnitt
der Ansicht von oben. Die erwähnten Pfähle, welche ma
son-Pfähle nennt, bestehn aus Eichenholz, und zwar
aus schwachen runden Stämmen, oder, wenn solche nich
reichender Anzahl zu beschaffen sind, werden sie aus s
Holze geschnitten. Sie sind etwa 6 Fufs lang und 6 Z
Gewöhnlich stehn sie von Mitte zu Mitte 2 Fufs aus einan
jedenfalls mufs ihr lichter Abstand so grofs sein, dafs die
Steine nicht leicht hindurchfallen können. Der Abstand d
reihen und zwar in beiden Richtungen pflegt 6 bis 8 Fufs
sen. Indem die Pfahlköpfe nicht nur bis zur Oberfläche d
decke heraufreichen, sondern gemeinhin noch etwa 3 Zoll
vorragen, so gewähren sie den dazwischen gepackten Steine
unmittelbar einen wesentlichen Schutz, vorzugsweise verhin

r eine weite Ausdehnung der Zerstörung, falls einzelne Steine
ch den Stofs der Wellen herausgeworfen werden sollten.

Die Beschädigungen, denen die Pfähle selbst ausgesetzt sind,
ten meist unerheblich, und die Unterhaltung eines solchen Ufers
nicht merklich dadurch vertheuert, dafs in Zwischenzeiten von
is 20 Jahren die Pfähle erneut werden müssen. Nichts desto
ger ist man von dieser Anordnung in neuerer Zeit dennoch
ich zurückgekommen, weil man die Erfahrung gemacht hat,
gerade durch diese Trennung der Felder Beschädigungen in
Steindecke veranlafst werden. Die Pfähle verhindern nämlich
regelmäfsigen Verband der Steine, und da man nicht kleine
e anwenden darf, so ist es viel schwieriger, alle einzelnen Fel-
dicht geschlossen auszufüllen, als die Dossirung ohne Unter-
ung regelmäfsig zu überdecken. Durch die Caissons wird da-
zwar eine weite Ausdehnung der Beschädigungen verhindert,
Eintreten derselben aber befördert. Dazu kommt noch, dafs
ein Feld von seinen Steinen entblöfst ist, die Wellen dasselbe
mäfsig angreifen, indem sie gegen den senkrecht vortretenden
l des nächsten Feldes schlagen und den Grund davor ausspü-
Es bilden sich alsdann sehr bedeutende Vertiefungen, bevor
Pfähle daneben nachgeben und die Steine aus den angrenzen-
Feldern herabstürzen. Eine zusammenhängende Steindecke, die
h keine Pfahlreihen unterbrochen wird, ist insofern vortheilhaf-
als bei dieser jede Lücke, die bald eine merkliche Vertiefung
Untergrundes veranlafst, sich mit den nächsten Steinen füllt,
dadurch einigermaafsen wieder eine schützende Decke erhält.
ei kann allerdings bei heftigem Wellenschlage zwar ein grofser
il der Dossirung in Unordnung gerathen, aber die Vertiefungen
ben doch mäfsiger und sind weniger gefährlich, als wenn man
ch die Trennung in Felder die Beschädigungen auf einzelne Stel-
beschränkt.

Die erwähnten Pfahlreihen sind dagegen als Einfassung der
ndecke von grofser Wichtigkeit, und können zu diesem Zwecke
t füglich entbehrt werden. Einerseits mufs schon der Fufs der
irung, der sich an das davor liegende Watt anschliefst, geschützt
den. Die untere Steinreihe würde aber jeder sichern Unter-
tzung entbehren, wenn die Einfassung hier fehlte. In den Figu-
53 und 58 ist diese Anordnung dargestellt. Um eine Vertie-

fast in jedem Jahre wieder…
Verpackung der Steine sog…

Bei heftigen Stürmen … Ste…
einzelne Steine heraus… und sie m…
welche zunächst
… ihre Unters… der unregelmä…
… der Wellen … öffnet, man pflegt
… lg. denn beim erst…
… ständig. Häufig werd…
… ne Granitstücke, die lei…
… Scherben mit dem Hammer z…
… hierbei aber wieder in sehr k…
… denn die Zwicken, die schon be…
… in gleicher Weise wie der K…
… In neuerer Zeit verstreicht m…
… eingeschüttet worden, mit Ceme…
… einige Zolle stark ist, nicht …
… ist er nicht dauerhaft, inde…
… die Steindecke in Bewegun…
… Dabei entsteht aber noc…
… einen wasserdichten Schlu…
… nach oben beim Gegen…
… werden kann, weil da…
… tritt. Zuweilen sieht man…
… gehoben und herausge…
… nicht früher verstrichen



...ndes nicht mehr zu besor-
...ht ausgespült werden
...ndes und festes
...nd schwer
...den, und
...nter einge-
...gen frei aus-

... die 200 bis 600
...n. Es leuchtet ein,
...werer sein müssen, je
...des Wassers hängt sowol
...von dem Drucke ab, den es
... Wellenscheitels ausübt. Der
...die Geschwindigkeit ausdrücken,
...kann man ihn mit dem Drucke des
... Er ist nach den gewöhnlichen An-
...roducte der getroffenen Fläche in das
...keit des Wassers. Es ergiebt sich hieraus,
... gleichen Widerstand leisten werden, wenn
...die Quadrate der Geschwindigkeiten, oder ihre
...echsten Potenzen der Geschwindigkeiten sich
...Gesetz wurde schon von Brahms*) angedeutet,
...ausführlicher nachgewiesen und erläutert.**) Seine
... indessen schwierig, da man in diesem Falle für die
...der Erscheinung nur willkührliche Zahlenwerthe ein-

...werden die Steinböschungen in ihrem untern Theile und
...ur Höhe der halben Fluth noch durch gewisse Schaal-
...Pflanzen sehr wesentlich geschützt. Wenn das Ufer hin-
...ntiefen liegt, die den Wellenschlag wesentlich mäfsigen,
...rbeiströmende Seewasser viele thonigen Theile enthält,
...r Seetang zwischen und auf den Steinen zu wurzeln,
...let, sobald er bei steigendem Wasser schwimmt, eine
...hüllung der Böschung, die den Stofs der Wellen auffal-

...ngründe des Deich- und Wasserbaues. I. § 20.
...äge zur hydraulischen Architectur. II. Seite 148.

lend mäfsigt, und Beschädigungen verhindert. Sobald dieser Tang kräftig angewachsen ist, halten sich die Steindossirungen viel besser, als vorher. Beim Eisgange wird indessen oft in kurzer Zeit die ganze Vegetation abgestofsen. Wenn dagegen das Meerwasser reiner ist, so überziehn sich die Steine ungefähr in derselben Höhe mit einer Art Maler-Muschel, die besonders in den Fugen sich vorfindet, und bei ihrer Vermehrung grofse Klumpen bildet, welche die freien Räume vollständig schliefsen. Diese Muschel hat zwei congruente flache Schalen und erreicht selten eine gröfsere Länge, als etwa von einem Zolle, aber sie haftet sehr fest an dem Steine, indem vier Paare Fäden von ihr ausgehn, die wie Wurzeln sie mit dem Steine verbinden. Besonders an der nördlichen Spitze und auf der westlichen Küste von Nord-Holland findet man diese Muscheln in grofser Masse, und wenn sie auch nicht, einem guten Mörtel ähnlich, die Steine unter einander verbinden, so wirken sie doch in sofern sehr vortheilhaft, als sie die Fugen schliefsen, und dadurch das heftige Ein- und Ausströmen des Wassers und das Ausspülen des Untergrundes verhindern.

Fig. 53 zeigt noch die eigenthümliche Anordnung, dafs die Steinböschung über das Maifeld heraufreicht und mit ihrer Krone eine Art von niedrigem Deiche bildet. Woltman schreibt dieses unbedingt vor, und verlangt, dafs die Böschung 2 Fufs höher, als das dahinter liegende Terrain sein solle. Der Grund dafür ist aber nicht nur, dafs man das Ueberschlagen der Wellen bis zu einer gröfseren Höhe verhüten will, sondern die Beschädigungen des Rasens und des ganzen Ufers durch die aufschlagenden Wellen werden auch sehr gemäfsigt, wenn die Wiesenfläche dahinter mit Wasser bedeckt ist. Die erwähnte Erhöhung hat also den Zweck, das schnelle Zurückfliefsen des Wassers zu verhindern, und auf dem Ufer einen höheren Wasserstand zu halten. Derselbe mufs sich freilich später wieder senken und der Rasen mufs trocken werden, sobald das Meer ebbt, aber hierzu genügen einige Abflufs-Oeffnungen, die man hin und wieder im obern Theile der Böschung anbringt.

Diese Anordnung wurde zuerst an der untern Elbe vorgeschlagen und mit günstigem Erfolge eingeführt. Die Ufer neben Cuxhaven waren schon lange mit Steinkisten eingefafst, wovon später die Rede sein wird. Diese erfüllten jedoch nur unvollständig ihren Zweck, denn die überschlagenden Wellen zerstörten den Rasen da-

;, und spülten den Boden aus, so dafs das Deckwerk bald ganz
: zu stehen pflegte, worauf man nach einiger Zeit es wieder
: zurücklegte. In dieser Weise waren die Ufer und mit ihnen
afen in anderthalb Jahrhunderten etwa 300 Ruthen weit zu-
wichen. Eine neue Zurücklegung war 1785 beantragt und
1786 bei der Anwesenheit eines Commissars aus Hamburg
ssen, als Woltman darauf aufmerksam machte,*) dafs der
h sich immer nur auf einen gewissen Abstand hinter den
ten ausdehnt, dieselben also das Maifeld besser schützen,
ie es nicht unmittelbar berühren, als wenn sie zurückgestellt
. Er sprach ferner die Ansicht aus, dafs das stehende Was-
ter den Deckwerken den Stofs der überschlagenden Wellen
. und sonach eine Erhöhung dieser Werke über das Maifeld,
ı das übergetretene Wasser zurückgehalten wird, besonders
haft sein würde. Dieser Rath, den Woltman zu einer Zeit
, als er dem Wasserbau noch ganz ferne stand und nur bei
n Aufenthalte in Cuxhaven die Wirkungen der Wellen mit
ksamkeit beobachtet hatte, wurde auch berücksichtigt, und
lamals, noch später sind diese Deckwerke wieder zurückge-
rden. Die Ueberhöhung des Deckwerkes, die im nächsten
ur Ausführung kam, bezog sich aber nicht auf Steinconstruc-
sondern auf den Holzbau. Sie ist in Fig. 57 dargestellt.
tt der natürlichen Steine wendet man auch vielfach zur
g der niedrigen Ufer oder der Aufsendeiche, in gleicher
wie bei den Deichen selbst, gebrannte Steine oder Zie-
. Der Aufsendeich ist wegen seiner mäfsigen Erhebung über
tt jedesmal leichter zu vertheidigen, als die Deichböschung,
m ist bei ihm eine Beschädigung der Steindecke auch we-

Geschichte und Beschreibung der Wasserbauwerke im Amte Ritzebüttel.
; 1801. Seite 75 wird darin unter Andeutung dieser Vorschläge nur
dieselben seien von andrer Seite gemacht worden. Der Verfasser die-
ift hat sich nicht genannt, es ist aber kein Andrer, als Reinhard
ın, der spätere Wasser-Baudirector in Hamburg, dessen Bauten in Cux-
me wesentliche Aenderung grofsentheils noch bestehn. Woltman war
Secretär bei dem Lieutenant, der die aus 20 Mann bestehende Besatzung
sses Ritzebüttel commandirte. Jener Commissar war der Syndicus Schu-
ater Woltman's Schwiegervater, derselbe erkannte sogleich die klare Auf-
des jungen Mannes, löste sein bisheriges Dienstverhältnifs und sorgte da-
ihm die nöthige Unterstützung zu Theil wurde, um einige Jahre in Göt-
ı studiren.

niger gefährlich, als auf dem Schaardeiche. Die sehr schweren [illegible]
brannten Steine, von denen § 16 die Rede war, finden daher [illegible]
leicht bei der bloſsen Uferdeckung Anwendung.

Die gewöhnlichen Ziegel oder Klinker sind in den [illegible]
genden meist leichter zu beschaffen und wohlfeiler, als [illegible]
Sie lassen sich auch dichter versetzen und schützen daher mehr [illegible]
Untergrund, den man zuweilen sogar ganz unbedeckt läſst, [illegible]
doch keineswegs zu empfehlen ist. Endlich läſst sich mit [illegible]
auch eine sehr gleichmäſsige Fläche darstellen, die weniger [illegible]
heiten zeigt, als jedes Pflaster aus rohen Steinen.

Vorzugsweise hat man darauf zu achten, daſs die Steine [illegible]
fest sind, und weder durch abwechselnde Benetzung und [illegible]
nung, noch auch durch Frost leiden. Das äuſsere Ansehn und [illegible]
stige Proben lassen diese Eigenschaften nicht sicher erkennen. [illegible]
denfalls müssen die Ziegel recht hart gebrannt, auch von [illegible]
ren Kalkstückchen frei sein. Eben so dürfen sie nicht, wenn [illegible]
sie ins Wasser legt, dasselbe in groſser Masse ansaugen und [illegible]
durch bedeutend schwerer werden. Wenn sie aber in diesen [illegible]
hungen keine Besorgniſs begründen, so läſst sich dennoch über [illegible]
Dauerhaftigkeit nur durch den Versuch entscheiden, daſs man [illegible]
zur Probe ein Jahr lang der Einwirkung der Fluth und Ebbe [illegible]
des Wellenschlages aussetzt.

Die Ziegel haben vergleichungsweise gegen die Granitgeschiebe
und sonstigen Steinblöcke den wesentlichen Nachtheil, daſs sie [illegible]
ter sind, und zugleich eine sehr groſse Angriffsfläche dem Stoſse [illegible]
Wellen entgegensetzen, sobald irgend wo eine Lücke entstanden [illegible]
Die Beschädigungen pflegen daher in einer Ziegelböschung [illegible]
schnell und weit auszudehnen, auch kann man denselben durch [illegible]
Bildung von Caissons nicht füglich vorbeugen, weil die Pfähle [illegible]
ganz unangemessener Weise den Verband unterbrechen würden.
Einzelne Bohlen oder Dielen, die man hochkantig dazwischen [illegible]
stellen könnte, haben aber an sich wenig Festigkeit. Nichts [illegible]
weniger wird dieses Mittel doch zuweilen angewendet, indem [illegible]
Entfernungen von mehreren Ruthen solche hochkantig verlegte Di-
len, die zugleich als Chablonen dienen, die Ziegel-Böschung unter-
brechen, und vom Fuſs derselben bis zu ihrer Krone ansteigen.
Dabei bildet sich jedoch eine lang ausgezogene Fuge in der Rich-
tung, in welcher die Wellen auflaufen, und dieselbe giebt [illegible]

ung zu Beschädigungen, woher es vortheilhafter ist, diese
hung des regelmäfsigen Verbandes zu vermeiden.
Gröfse der Ziegel stimmt mit der sonst üblichen überein,
häufig noch darunter, weil es vorzugsweise darauf an-
ifs sie recht scharf gebrannt sind. Beim Versetzen stellt
n Reihen parallel zum Ufer, und sorgt dafür, dafs die
der verschiedenen Reihen im Verbande sind, also jede
l in der vorhergehenden, als folgenden Reihe durch einen
ckt wird. Die Steine liegen niemals flach auf dem Bo-
rn werden entweder hochkantig, oder wenn der Angriff
stark ist, auch auf den Kopf gestellt. Das Profil Fig. 55
Methoden mit einander verbunden, indem der obere Theil
ng, der von der höheren Fluth getroffen wird, einem stär-
llenschlage ausgesetzt ist, daher auch vorzugsweise gesi-
len mufs.
Unterlage unter diesen Ziegelböschungen kann nicht füg-
rt werden. Das Strauch eignet sich hierzu aber nicht,
ne zu unregelmäfsige Fläche bildet, dagegen ist Kies, Bau-
idekraut u. d. gl. zu diesem Zwecke sehr wohl zu benu-
in den stark bedrohten Ufern vor Eckwarden und Tos-
der östlichen Seite des Jade-Busens, hat der Deichgräf
neuerer Zeit mit grofsem Vortheil zu diesem Zwecke eine
ge Seetang benutzt, die dort leicht zu beschaffen ist, sich
ausbreiten läfst, und den Untergrund vollständig bedeckt
usspülung sichert. Das Profil dieser Uferdeckung stellt
r. Die Böschung hat hier eine vierfache Anlage.
falls mufs die Ziegelböschung sowol oben, als unten ein-
rden, und dieses geschieht immer durch Bohlen, die sich
gegen Pfähle lehnen. Hierbei tritt jedoch der Uebelstand
die Bohlen, wenn die Pfähle senkrecht eingerammt sind,
senkrecht stehn, und sonach die anschliefsenden Ziegel-
h nicht mit der vollen Fläche, sondern nur mit der obern
ntern Kante dagegen lehnen. An der obern Seite, wo die Be-
ar mit der untern Kante erfolgt, wie Fig. 54 zeigt, entsteht eine
nete Fuge, die man zwar mit Ziegelbrocken zu füllen pflegt,
ch jedoch nicht sicher geschlossen werden kann. Sobald
Steinreihe aber gelöst ist, so tritt für die zweite Stein-
elbe Gefahr ein, und so lösen sich nach und nach die

Steine, und werden bald einzeln von den Wellen herausgewo
Bei der erwähnten Uferdeckung, die Fig. 55 zeigt, hat man
Uebelstande sehr zweckmäfsig dadurch vorgebeugt, dafs man
Bohle der Böschung entsprechend keilförmig zugeschnitten hat,
dafs sie sich eben sowol an die senkrecht eingerammten Pfähle,
auch an die schräggestellten Steine mit der vollen Fläche
Die Pfähle, welche die Bohle unterstützen, bestehn aber wieder
Bohlenstücken, die sich unmittelbar berühren und eine 6 Fufs
dichte Wand bilden.

Am Fufse der Böschung ist das Klaffen der Fuge von
gerer Bedeutung, weil hier theils der Angriff der Wellen schwä
ist, theils aber auch die nach unten erweiterte Fuge ziemlich
mit zähem Thone ausgefüllt werden kann, den man vor dem
setzen der Steine längs der Bohle abstreicht, wie Fig. 54 angege
ist. Fig. 55 zeigt auch in dieser Beziehung eine andre und bess
Anordnung, indem die Pfähle hier nicht senkrecht, sondern sch
eingerammt sind. Ihre Stellung wird dabei freilich nicht so re
mäfsig, doch ist dieser Umstand aus dem angeführten Grunde
niger bedenklich. Der weiche Boden setzt auch dem Eindring
des Pfahles keinen erheblichen Widerstand entgegen, woher
schräge Richtung keine bedeutende Erschwerung beim Ramm
veranlafst.

Die Ziegelböschungen erfordern eine sehr sorgfältige Unt
haltung, weil Beschädigungen darin sich in kurzer Zeit weit aus
dehnen pflegen. Man darf aber nicht allein darauf achten, dafs
zelne Steine, die vielleicht zerbröckelt oder zufällig von den We
herausgeworfen sind, möglichst bald durch andre ersetzt werd
sondern die ganze Oberfläche der Böschung mufs auch immer m
lichst eben bleiben, weil die an sich weit leichteren und daher
niger widerstandsfähigen Steine nur dadurch gehalten werden k
nen, dafs die Wellen auf ihnen keine Angriffspunkte finden.

Die in Rede stehende Construction wird oft noch in andrer We
bedroht; wenn nämlich vor dem Fufse Steinschüttungen angebra
sind, so kann es nicht fehlen, dafs einzelne Steine, besonders we
bei heftigen Stürmen der Wasserstand sich nur wenig über
Watt erhebt, durch die Wellen in Bewegung gesetzt und auf
Böschung geworfen werden. Hierbei leiden die Ziegel sehr st
indem diejenigen Steine, die getroffen werden, zerbrechen.

Grunde fehlt in der beschriebenen und Fig. 55 dargestellten chung auch diese Schüttung, und indem die einzelnen, von den llen ausgeworfenen Ziegel in gleicher Weise, wie die Feldsteine r Schüttung, wirken, so werden bei diesem Ufer sogar mit gro- Sorgfalt alle ganzen Ziegel oder gröfsern Stücke derselben, die in kurzer Zeit abzurunden pflegen, und daher bei den Reparen nicht weiter benutzt werden können, aufgelesen und besei- Der Fufs der Böschung wird aber dadurch gesichert, dafs er end über das Watt vortritt, zum Theil sogar unter dasselbe hericht. Ein wesentlicher Schutz wird für den untern Theil der chung aber wieder dadurch erreicht, dafs der Seetang auf den ln sehr kräftig zu wachsen und sich auszubreiten pflegt, wolier der Angriff der Wellen sich in hohem Grade mäfsigt und hädigungen oft in langer Zeit fast gar nicht vorkommen.

Der obere Rand der Ziegelböschung stützt sich gegen die be- erwähnte Bohle, an welche die sämmtlichen Steine der obern e sich lehnen. Jedenfalls bedarf hier das anschliefsende Ufer h einer besondern Deckung, weil es sonst ausbrechen könnte jene Bohle zugleich mit den Pfählen, die sie halten, ihren sin Stand verlieren würde. Das Aufbringen loser Steine ist neden Ziegelböschungen nicht zulässig, weil dieselben leicht mit Wellen herabrollen, und die Ziegel dabei leiden würden. Man lt daher nicht selten, wie auch Fig. 54 zeigt, eine Strohbekung. Diese kann sich entweder stumpf an die Einfassungsle anschliefsen, wodurch die regelmäfsige Oberfläche nicht unbrochen und der scharfe Absatz vermieden wird, oder sie kann h unter die Ziegelböschung greifen. Der letzte Fall ist in der r dargestellt. Ein Deckwerk dieser Art, wobei jedoch die Stufe mieden war, wurde am Schlusse des vorigen Jahrhunderts bei haven und zwar zwischen der Hafenmündung und der Kugelke versuchsweise ausgeführt. Woltman sagt, dafs es sich gut halten, auch weniger als die Feldstein-Böschung gekostet habe, ch ist die letztere daselbst später vorzugsweise in Anwendung kommen und zwar wieder in der Art, dafs sie sich oben an eine h-Bestickung anschlofs.

Bei dem mehrfach erwähnten Ufer an der Jade, Fig. 55, hat n ein anderes Verfahren gewählt, das theils in der Anlage weger kostbar war, theils aber auch sich sehr gut bewährte. Soweit

Steine, und werden bald einzeln von den Wellen herausgeworfen
Bei der erwähnten Uferdeckung, die Fig. 55 zeigt, hat man diesem
Uebelstande sehr zweckmäfsig dadurch vorgebeugt, dafs man die
Bohle der Böschung entsprechend keilförmig zugeschnitten hat, s
dafs sie sich eben sowol an die senkrecht eingerammten Pfähle, al
auch an die schräggestellten Steine mit der vollen Fläche lehnt
Die Pfähle, welche die Bohle unterstützen, bestehn aber wieder au
Bohlenstücken, die sich unmittelbar berühren und eine 6 Fufs hoh
dichte Wand bilden.

Am Fufse der Böschung ist das Klaffen der Fuge von geri
gerer Bedeutung, weil hier theils der Angriff der Wellen schwäch
ist, theils aber auch die nach unten erweiterte Fuge ziemlich sich
mit zähem Thone ausgefüllt werden kann, den man vor dem Vo
setzen der Steine längs der Bohle abstreicht, wie Fig. 54 angegeb
ist. Fig. 55 zeigt auch in dieser Beziehung eine andre und besse
Anordnung, indem die Pfähle hier nicht senkrecht, sondern schrä
eingerammt sind. Ihre Stellung wird dabei freilich nicht so reg
mäfsig, doch ist dieser Umstand aus dem angeführten Grunde w
niger bedenklich. Der weiche Boden setzt auch dem Eindring
des Pfahles keinen erheblichen Widerstand entgegen, woher d
schräge Richtung keine bedeutende Erschwerung beim Ramm
veranlafst.

Die Ziegelböschungen erfordern eine sehr sorgfältige Unt
haltung, weil Beschädigungen darin sich in kurzer Zeit weit aus
dehnen pflegen. Man darf aber nicht allein darauf achten, dafs ei
zelne Steine, die vielleicht zerbröckelt oder zufällig von den Well
herausgeworfen sind, möglichst bald durch andre ersetzt werde
sondern die ganze Oberfläche der Böschung mufs auch immer mö
lichst eben bleiben, weil die an sich weit leichteren und daher w
niger widerstandsfähigen Steine nur dadurch gehalten werden kö
nen, dafs die Wellen auf ihnen keine Angriffspunkte finden.

Die in Rede stehende Construction wird oft noch in andrer Wei
bedroht; wenn nämlich vor dem Fufse Steinschüttungen angebra
sind, so kann es nicht fehlen, dafs einzelne Steine, besonders wen
bei heftigen Stürmen der Wasserstand sich nur wenig über d
Watt erhebt, durch die Wellen in Bewegung gesetzt und auf d
Böschung geworfen werden. Hierbei leiden die Ziegel sehr star
indem diejenigen Steine, die getroffen werden, zerbrechen. A

Grunde fehlt in der beschriebenen und Fig. 55 dargestellten [illegible]ung auch diese Schüttung, und indem die einzelnen, von den [illegible] ausgeworfenen Ziegel in gleicher Weise, wie die Feldsteine [illegible] Schüttung, wirken, so werden bei diesem Ufer sogar mit gro[illegible] Sorgfalt alle ganzen Ziegel oder gröſsern Stücke derselben, die [illegible] in kurzer Zeit abzurunden pflegen, und daher bei den Repa[illegible] nicht weiter benutzt werden können, aufgelesen und besei[illegible]. Der Fuſs der Böschung wird aber dadurch gesichert, daſs er [illegible] über das Watt vortritt, zum Theil sogar unter dasselbe her[illegible]icht. Ein wesentlicher Schutz wird für den untern Theil der [illegible]ung aber wieder dadurch erreicht, daſs der Seetang auf den [illegible] sehr kräftig zu wachsen und sich auszubreiten pflegt, wo[illegible] der Angriff der Wellen sich in hohem Grade mäſsigt und [illegible]ädigungen oft in langer Zeit fast gar nicht vorkommen.

Der obere Rand der Ziegelböschung stützt sich gegen die be[illegible] erwähnte Bohle, an welche die sämmtlichen Steine der obern [illegible] sich lehnen. Jedenfalls bedarf hier das anschlieſsende Ufer [illegible] einer besondern Deckung, weil es sonst ausbrechen könnte [illegible] jene Bohle zugleich mit den Pfählen, die sie halten, ihren si[illegible] Stand verlieren würde. Das Aufbringen loser Steine ist ne[illegible] den Ziegelböschungen nicht zulässig, weil dieselben leicht mit [illegible] Wellen herabrollen, und die Ziegel dabei leiden würden. Man [illegible] daher nicht selten, wie auch Fig. 54 zeigt, eine Strohbe[illegible]ung. Diese kann sich entweder stumpf an die Einfassungs[illegible] anschlieſsen, wodurch die regelmäſsige Oberfläche nicht un[illegible]chen und der scharfe Absatz vermieden wird, oder sie kann [illegible] unter die Ziegelböschung greifen. Der letzte Fall ist in der [illegible] dargestellt. Ein Deckwerk dieser Art, wobei jedoch die Stufe [illegible]den war, wurde am Schlusse des vorigen Jahrhunderts bei [illegible]aven und zwar zwischen der Hafenmündung und der Kugel[illegible] versuchsweise ausgeführt. Woltman sagt, daſs es sich gut [illegible], auch weniger als die Feldstein-Böschung gekostet habe, [illegible] ist die letztere daselbst später vorzugsweise in Anwendung [illegible]men und zwar wieder in der Art, daſs sie sich oben an eine [illegible]-Bestickung anschloſs.

Bei dem mehrfach erwähnten Ufer an der Jade, Fig. 55, hat [illegible] ein anderes Verfahren gewählt, das theils in der Anlage we[illegible] kostbar war, theils aber auch sich sehr gut bewährte. Soweit

bei Fangedämmen geschieht, vor die erste Kiste noch eine zwei niedrigere, und zwar wird diese auf der Seeseite angebracht, und gleichfalls mit Steinen gefüllt. Fig. 57 *a* und *b* zeigt diese Construction in der Seitenansicht und im Grundrisse, doch gehört die pultförmige Erhöhung ursprünglich nicht dazu. Das Werk wurde in der Mitte des vorigen Jahrhunderts ausgeführt und schliefst sich auf der östlichen Seite an die Hafenmündung an. Seine horizontale Krone liegt nur in der Höhe der gewöhnlichen Fluthen und das Holz hatte sich lange Zeit hindurch, vom Wurme wenig berührt, meist gut gehalten. Die äufsere niedrige Kiste war dagegen durch den Wurm sehr stark angegriffen. Der pultförmige Aufsatz wurde, wie bereits erwähnt, auf Woltman's Vorschlag im Jahre 17[illegible] hinzugefügt, und wenn man denselben sowie die ganze ursprüngliche Construction noch erhält, so geschieht dieses wohl aus keinem andern Grunde, als aus Pietät für Woltman.

Die steile Wand einer Steinböschung veranlafst nicht nur eine heftige Brandung, wobei das herabstürzende Wasser den Rand des Aufsendeiches beschädigt, sondern sie zieht auch die Küstenströmung an, und hierdurch pflegt sich eine tiefe Rinne vor ihr auszubilden, die ihre Erhaltung sehr erschwert. Man sieht sich daher fast jedesmal gezwungen, noch eine Steinschüttung vor ihr anzubringen, die immer aufs Neue verstärkt werden mufs, so oft eine neue Vertiefung eingetreten ist.

Fig. 58 *a* und *b* zeigt eine wesentlich verschiedene Deckungsart, wobei nicht sowol eine Steinpackung, als vielmehr eine freistehende Holzwand den Stofs der Wellen empfängt. Sie wurde bereits im Anfange dieses Jahrhunderts ohnfern der östlichen Grenze des zu Ritzebüttel gehörigen Ufers angewendet, und bei der weitern Fortsetzung des Uferschutzes hat man auch in neuerer Zeit dieselbe Construction beibehalten. Eine Wand, bestehend aus dicht schliefsend eingerammten starken Pfählen, wird durch 2 Riegel auf der Landseite verstärkt. Der eine befindet sich nahe über der Oberfläche des Wattes und der andere 2 Fufs über der gewöhnlichen Fluth. Jeder einzelne Pfahl ist durch einen starken Bolzen mit jedem Riegel verbunden. Um das anschliefsende Ufer gegen Beschädigungen durch das überschlagende Wasser zu sichern, liegt eine Steinschüttung dahinter. Auf der Seeseite ist dagegen eine vollständige Steindossirung mit Unterfüllung angebracht, die sich

ne Reihe von schwachen Schutzpfählen lehnt. Es mufs be-
: werden, dafs diese Werke dem Wellenschlage nicht so stark
setzt sind, als die weiter westwärts belegenen, von denen frü-
ie Rede war.
Die bisher beschriebenen Deckungen umfassen keineswegs alle
iedenen Constructions-Arten, die man auf dem etwa 2500 Ru-
angen Elbufer des Amtes Ritzebüttel sieht. Aus demselben
aufser verschiedenen Buhnen oder Stacken, die zum Theil
sehr grofser Tiefe hinausreichen, zwei besonders wichtige
: vor. Der eine derselben ist die Mündung des Hafens, die
aufserhalb des Wattes liegt, und auf dem anderen steht eine
ıarke, die Kugelbaake genannt. Letztere befindet sich auf
hr scharfen Deichecke zwischen dem eigentlichen Elbdeiche
m Steinmarner Deiche, der zur Seite der hohen Watte sich
ıt und sich bald an die Geest anschliefst. Von den Hafen-
ist hier nicht die Rede, aber bis nahe an die Kugelbaake
r Aufsendeich heran und da derselbe nur ein sehr schmales
edriges Watt vor sich hat, so bedurfte er eines viel kräftige-
hutzes. Fig. 59 zeigt das Profil der hier ausgeführten Ufer-
g, die jedoch an der am weitesten vorspringenden Spitze vor
ake selbst noch viel massenhafter ist, auch von verschie-
gegen einander verstrebten Holzwänden umschlossen wird.
assive Quader-Mauer besteht aus sehr grofsen, bis 2000
schweren und roh bearbeiteten Werkstücken, die möglichst
äfsig im Verbande ohne Anwendung von Mörtel schichten-
ıufgepackt sind. Woltman bemerkt über die in gleicher Weise
: Hafenmündung befindliche rohe Mauer, dafs zuweilen ein-
Steine von den Wellen gelöst werden, dafs dieses aber den-
ınter allen die solideste Uferbefestigung sei. Beim Versetzen
eine ist der Raum dahinter mit Kies und festem Thon aus-
. Die auf der Seeseite befindliche verholmte Pfahlwand, die
offenen Zwischenraum von mehr als 2 Fufs Breite frei läfst,
ır den Zweck, den Stofs der Wellen etwas zu mäfsigen.
ındlich wäre noch zu erwähnen, dafs man in neuerer Zeit vor
Steinmarner Deiche, also im Schutze der weit ausgedehnten
liegenden Watte, noch eine andre, ganz verschiedene Deckungs-
rsucht hat. Dieses ist eine concave Mauer, von der schon
elegenheit der Sicherung der Seedeiche die Rede war, wenn

solchen die äufsere Böschung ganz fehlt (§ 16). Das frühere Deckwerk an derselben Stelle, das flach geneigt war, veranlafste beim Auflaufen der Wellen sehr starke Beschädigungen in dem Aufsendeiche, der hier nicht mehr aus dem festen Klaiboden besteht, vielmehr schon sehr sandhaltig ist. Um das Aufwerfen grofser Wassermassen zu verhindern, wählte man die in Fig. 60 dargestellte Constructionsart. Die Aufsenfläche der Mauer bildet im Profile einen vollen Quadranten, der mit dem Radius von 10 Fufs beschrieben ist. Der Bogen besteht aus behauenen Graniten, die in Mörtel versetzt auf Béton-Bettung ruhen. Seewärts lehnt sich dieses Mauerwerk an eine leichte Bohlwand, die wohl nur dazu diente, um den Béton sicher einbringen zu können. Der Versuch mit dieser Construction soll sich nach mehrjährigen Erfahrungen vollständig bewährt haben. Indem die gekrümmte Fläche in die Vertikal-Ebene übergeht, so wird das Wasser beim Auflaufen der Wellen lothrecht in die Höhe geworfen und trifft nur wenig den Aufsendeich. Als ich vor einigen Jahren diesen Bau sah, hatte sich das Ufer dahinter bis unmittelbar an die Mauer sehr gut gehalten, auch hatte das davor liegende Watt sich nicht vertieft.

Indem von den Steindossirungen die Rede gewesen ist, die nach cylindrischen Flächen gekrümmt sind, so dürfte hier die passendste Stelle sein, der vor wenig Jahren auf der Insel Norderney zum Schutze des Seebades ausgeführten Uferdeckung zu erwähnen. Die localen Verhältnisse weichen freilich von den so eben behandelten wesentlich ab. Das Ufer, das man hier gedeckt hat, ist eine am offenen Meeresstrande belegene Düne; der Untergrund besteht ohne Zweifel, wie vor der Insel Wangeroog, aus Marschboden, wenigstens lassen die Thonkugeln, die man auch dort nicht selten auf dem Strande findet, dieses vermuthen, weil dieselben nur von jenem Untergrunde herrühren können, der wahrscheinlich stellenweise vielleicht tief unter Wasser sich steil erhebt und von den Wellen nicht nur abgespült, sondern in gröfseren Massen abgebrochen wird. Die natürliche Düne wurde bei jedem heftigen Sturme stark angegriffen, so dafs sie von Jahr zu Jahr weiter zurückwich, wodurch das sehr besuchte Seebad endlich selbst in Gefahr kam. Um dieses zu erhalten, ist auf der nordwestlichen Seite der Insel in der Länge von gegen 300 Ruthen die Deckung der Düne ausgeführt, welche Fig. 61 *a* im Durchschnitte und *b* in der Ansicht

an oben zeigt. Die zuerst gewählte Construction, wonach die grossen Quader der Dossirung nur auf ein Bette von zähem Thon oder Klai versetzt wurden, erwies sich nicht als haltbar, und statt des letzteren mufste eine Bettung von Béton gewählt werden.

Der Strand hat neben der Steinböschung die Höhe von 4 Fufs über gewöhnlichem Hochwasser, seewärts fällt er mehrere hundert Ruthen weit sehr sanft und regelmäfsig ab, doch soll diese flache Abdachung plötzlich durch die davor liegende grofse Tiefe unterbrochen werden. Die bis jetzt ausgeführte Anlage hat nur den Zweck, die dahinter liegende Düne zu sichern, während zur Erhaltung des Strandes noch buhnenartig vortretende Werke in Aussicht genommen sind.

Der wichtigste Theil des Baues ist die 15 Fufs breite gekrümmte Dossirung. Sie ist unten concav, im obern Theile dagegen convex und besteht aus sorgfältig bearbeiteten und reihenweise versetzten Sandsteinquadern von 2 Fufs Höhe. Diese Böschung lehnt sich mit ihrem Fufse an eine Pfahlwand, vor der eine besonders hohe Quaderschicht hochkantig aufgestellt ist. Eine ähnliche, aber noch stärkere Schicht begrenzt auf der obern Seite diese Dossirung. Diese sämmtlichen Steine sind in Béton sehr sorgfältig und in gehörigem Verbande versetzt. Das Bétonbette ist etwa $2\frac{1}{2}$ Fufs stark.

An diese Dossirung schliefst sich abwärts ein 16 Fufs breites Steinbette, das der Neigung des Strandes entsprechend sehr sanft nach der See abfällt. Es besteht aus einer etwa 3 Fufs hohen Bruchpackung, die wieder mit 2 Fufs hohen, jedoch nur roh bearbeiteten Quadern überdeckt ist. Da diese letzteren nur lose aufliegen, so sind sie noch durch vier Reihen Flechtzäune gegen das Verschieben und Ausheben gesichert.

Um zu verhindern, dafs die aufschlagenden Wellen die Düne unmittelbar hinter der erwähnten Dossirung angreifen, so ist hier auf 12 Fufs Breite ein hochkantiges Klinkerpflaster angebracht, das auf einer dünnen Bétonschicht ruht, und das sich am obern Ende gegen eine hochkantig eingesetzte Klinkerschicht lehnt. Hinter der letzteren ist die Düne sanft ansteigend planirt und mit Strandhafer bepflanzt.

Wenn der Aufsendeich sehr unregelmäfsig abgebrochen ist, und ein breites Watt davor liegt, so kommt es nicht nur darauf an, den weitern Abbruch zu verhindern, sondern auch die umschlossenen

tieferen Buchten zur Verlandung zu bringen, und einen regelmäfsig begrenzten Aufsendeich darzustellen, der zugleich mit einer soliden Uferdeckung umgeben ist. Zu diesem Zwecke wird das Deckwerk in der beabsichtigten Uferlinie bis über das Watt hinausgeführt, so dafs es in Form eines niedrigen Deiches die zu erhöhende Fläche umschliefst. Es mufs vollständig gesichert sein, weil es einem starken Angriffe ausgesetzt ist, auch seine äufsere Böschung den spätern Uferschutz bilden soll. Seine Krone mufs nicht nur das gewöhnliche Hochwasser, sondern auch den Aufsendeich einige Fufs hoch überragen, damit dieser aus den Niederschlägen des eintretenden Fluthwassers sich in voller Höhe ausbilden kann. Endlich mufs das Werk mit mehreren Oeffnungen versehn sein, durch welche das trübe Fluthwasser einströmen und eben so auch das Wasser während der Ebbe abfliefsen kann. In dem umschlossenen, und daher wenig bewegten Wasser erfolgt bei jeder Fluth ein Niederschlagen der erdigen Theilchen, und dieselben sind dem Abspülen durch Wellenschlag viel weniger ausgesetzt, als auf dem offenen Watte. In gewöhnlichen Fällen verhindert schon der Deich das Uebertreten der Wellen, und bei höheren Fluthen und starken Winden mäfsigt er sehr bedeutend die Kraft des Wellenschlages.

Eine Anlage dieser Art, die bereits sehr sichtbare und günstige Erfolge herbeigeführt hat, ist das sogenannte Braaker Uferwerk bei Cuxhaven, das Fig. 62 im Profile darstellt. Das Watt, das ursprünglich vor und hinter diesem Werke gleiche Höhe hatte, befand sich 7 Fufs unter gewöhnlichem Hochwasser, während der Aufsendeich nahe 2 Fufs über das letztere sich erhob. Die Krone, die in eine scharfe Kante ausläuft, wurde noch 2 Fufs höher gelegt, also auf 4 Fufs über gewöhnliches Hochwasser. Die Oeffnungen, in Abständen von etwa 100 Fufs angebracht, hatten 2 Fufs lichte Weite. Sie waren seitwärts durch leichte Bohlwerke eingeschlossen und in der Höhe des gewöhnlichen Hochwassers mit Bohlen überdeckt, so dafs die Krone des Werkes darüber fortlief und zur Zeit der Sturmfluthen keine Stelle vorhanden war, die einem besonders starken Angriffe ausgesetzt gewesen wäre.

Die ganze Construction ergiebt sich aus der Zeichnung. Die äufsere Böschung hat $2\frac{1}{2}$fache, und die innere $1\frac{1}{2}$fache Anlage. Der Kern des Werkes ist aus der Klaierde des Wattes aufgeschüttet,

wobei aber mit Rücksicht auf die zu erwartende Senkung eine be-
tende Ueberhöhung angebracht werden mufste. Der Fufs des Wer-
wurde auf beiden Seiten sogleich mit Strauch gedeckt, und über
, so wie vorzugsweise über dem mittleren Theile, eine Lage
Ziegelbrocken und Bauschutt aufgebracht. Letztere war in der
1½ Fufs stark. Eine Reihe eichener Pfähle von 7 FufsLänge und
Durchmesser befindet sich in der Krone, und da diese Pfähle
2 Fufs von einander entfernt sind, so wurden noch 2 Gänge
Bohlen daran genagelt, um die beiderseitigen Dossirungen
von einander zu trennen. Aufserdem befinden sich in der
Böschung noch drei und in der innern zwei Pfahlreihen.
ist jedoch nur Kiefernholz verwendet, auch sind die Pfähle
Ausschlufs derjenigen am Fufse der innern Dossirung nur 6 Fufs
und 6 Zoll stark. Die Steindecke endlich besteht aus schwe-
Geschieben, die auf der äufsern Böschung 18 und auf der in-
15 Zoll hoch sind. Vor dem Fufse der letzteren liegt endlich
eine Schüttung von losen kleineren Steinen.

Es kann nicht fehlen, dafs das Wasser, welches an bestimmten
en stets aus- und einfliefst, tiefe Rinnen oder Baljen hier bildet.
be waren in diesem Falle auch wirklich entstanden, indem je-
bei der zunehmenden Erhöhung des Bodens die ein- und aus-
ende Wassermenge sich fortwährend vermindert, so ist nicht
sorgen, dafs die Einrisse sich vergröfsern, vielmehr darf man
rten, dafs sie mit der Zeit geringere Dimensionen annehmen
n, und wenn endlich die beabsichtigte Erhöhung im Allgemei-
ingetreten ist, so hindert nichts, diese Rinnen durch unmittel-
Verfüllung mit Erde, die man von dem äufsern Watt ent-
t, vollständig auszugleichen, indem zugleich die Oeffnungen in
Werke geschlossen werden.

Eine Anlage, die der beschriebenen sehr ähnlich ist, wurde vor
n Jahren auch ohnfern der Mündung der Jade ausgeführt. Da
n hier sehr heftige Angriffe durch den Wellenschlag besorgt
en mufsten, auch das Watt stellenweise nur geringe Ausdeh-
vor diesem Bau behielt, so schien die so eben beschriebene
truction in mancher Beziehung nicht hinreichend gesichert. Zu
m Zwecke erhielt die äufsere Böschung 4fache und die innere
e Anlage, auch wurde zwischen beiden noch eine 12 Fufs breite
e angebracht. Endlich mufste der ganze Kern, sobald er an-

geschüttet war, sogleich mit Strauch überdeckt werden, und um dieses schon vor dem Aufbringen der Steindecke, also während die Erdschüttung noch nicht fest lagerte, gegen Zerstörung zu sichern, so wurden auch die Pfahlreihen in bedeutend geringeren Entfernungen angebracht.

Eine der wichtigsten Uferdeckungen, die jemals ausgeführt worden, ist diejenige, die man in Nord-Holland neben dem Dorfe Petten auf eine sehr große Länge zur Sicherung des dahinter belegenen, nur aus Sand bestehenden Seedeiches erbaut hat. Fig. 74 zeigt dieselbe. Sie steht indessen in inniger Verbindung mit den davor liegenden Höftern oder Einbauen, welche die Annäherung der großen Tiefe verhindern sollen, und es erscheint daher angemessen, ihre Beschreibung mit der der letzteren zu verbinden.

Endlich müssen noch diejenigen Constructions-Arten erwähnt werden, welche die Sicherung solcher Uferstrecken bezwecken, vor denen keine Watte oder Sandflächen liegen, die also gemeinhin eine größere Tiefe unmittelbar vor sich haben. Namentlich werden hier die Uferdeckungen an der Ostsee zu berücksichtigen sein, wo kein merklicher Wechsel des Wasserstandes in Folge der Fluth und Ebbe stattfindet.

Ueberaus einfach ist die Deckung des 140 Fuſs hohen Ufers vor dem Leuchtthurme Arcona auf der Insel Rügen. Die Kreide geht an dieser Stelle in eine sehr zähe und feste Thonablagerung über. Der Boden ist daher von solcher Beschaffenheit, daſs er vom Wasser nicht durchdrungen wird, auch das darüber flieſsende Wasser ihn wenig angreift, daſs aber wohl ein starker Wellenschlag gröſsere Massen löst und bei der steilen Dossirung, die er angenommen hat, auch in Folge der Wirkung der Quellen dasselbe in den obern Theilen geschieht. So erfolgte ein langsames Zurückweichen dieses Ufers, was sich an den Kreidefelsen daneben, unter der Burg Arcona, sehr deutlich zu erkennen gab. Als der Leuchtthurm vor etwa dreiſsig Jahren erbaut wurde, muſste demnach darauf Bedacht genommen werden, die weitere Annäherung der See zu verhindern. Dieses ist in der Art geschehn, daſs man aus den Granitgeschieben, die in groſser Anzahl und in groſsen Dimensionen am Fuſse liegen, eine Art Pflaster gebildet hat, welches die etwa 30 Grade gegen den Horizont geneigte Böschung bis zur Höhe von 20 Fuſs über dem Meeresspiegel überdeckt. Die

ine halten mehrere Cubikfuſs, und für ihre Sicherung
ise dadurch gesorgt, daſs man ihnen durch Abstechen
ndes gut schlieſsende Lager gegeben hat, auch nicht
en zwischen ihnen gelassen sind. Auſserdem lehnt der
nböschung sich gegen eine Reihe kurzer Pfähle. Eine
vor wird theils durch die hier noch liegenden Granit-
vorzugsweise wohl durch den Kreideboden verhindert,
asser groſse Festigkeit behält. Diese Deckung hat ih-
ollständig erfüllt, und die daran vorkommenden Be-
sind sehr unbedeutend.

einigen andern Stellen der Pommerschen Küste hat
Punkte, deren Erhaltung besonders wichtig erschien,
g der hohen thonigen Ufer zu sichern begonnen. Vor-
hört hieher der Streckelberg, etwa 3 Meilen westlich
nde, auf dem eine Landmarke steht, die für die Schiff-
ſser Bedeutung ist. Die hier zuerst ausgeführte Ufer-
ügte indessen nicht, und es muſste daher eine groſse
ue noch davor gelegt werden. Hiervon wird später
.

östlichen Seite von Swinemünde, etwa in der Mitte
mmin und Treptow, scheint dagegen das vor einigen
te Steindeckwerk den Fuſs des 80 Fuſs hohen Thon-
hend zu sichern, wenn dadurch allein auch nicht der
obern Theiles der steilen Erdwand verhindert werden
nahe am Rande des Ufers steht die Kirche von Hof,
Einsturze derselben vorzubeugen, wurde die Deckung
ie aus einer Packung von sehr mäſsigen Granitgeschie-
Unterlage von Strauch besteht, und von einer Pfahl-
hlossen ist. Der Strand ist davor seitdem nicht abge-
vielmehr etwas an Ausdehnung gewonnen. Zwischen
s Deckwerkes haben die Quellen aus dem Ufer eine
Thon eingespült, und auf demselben wuchert sehr
ſsblättrige Huflattich (tussilago petasites), der die Ober-
s scheint, sehr vollständig deckt. Um das Ufer darüber
Seekreuzdorn (hippophaë rhamnoides) angepflanzt, der
r dem Deckwerke sehr gut angewachsen ist, und der
thonigen und steilen Ufer der Ostsee überzieht und
ch schützt. Endlich sind zur Seite und vor dem Deck-

werke auf dem Strande noch Dünengräser gepflanzt, nämlich auf den niedrigen Stellen, die von den Wellen vielfach erreicht werden, Strandweizen (elymus arenarius) und auf den höheren, Strandhafer (arundo arenaria). Auch diese Gräser waren nach Wunsch angewachsen und hatten die Ablagerung des Sandes befördert.

Wenn man ein Ufer, das nur aus Seesand besteht oder doch nur in geringem Maafse thonige Beimengung enthält, durch ein Deckwerk sichern will, so kommt der bereits erwähnte Umstand wesentlich in Betracht, dafs die Wassermasse der aufschlagenden Welle nur zum kleinsten Theile darüber zurückfliefst und vorzugsweise sich zwischen den Steinen und über dem Untergrunde hindurchzieht. Es bildet sich also hier eine abwärts gerichtete starke Strömung, wobei der Sand vielfach mit fortgerissen wird, und sonach leicht Einrisse und Lücken entstehn, in welche die Steine herabsinken.

Die in Fig. 63 dargestellte Construction, wonach das Deckwerk in einer einzigen Steinlage besteht, ist auf sandigem Untergrunde durchaus unzulässig. Man kann derselben auch dadurch keine Haltbarkeit geben, dafs man ein Kies- oder Strauchbette darunter anbringt, oder dafs man sie vielleicht sehr flach geneigt ausführt. Sie hält sich nur, wenn man dem abfliefsenden Wasser künstlich so weite Zwischenräume eröffnet, dafs dasselbe gar nicht veranlafst wird, seine Bewegung bis zum Untergrunde fortzusetzen und denselben anzugreifen. Hierzu dient die in Fig. 64 angegebene Construction. Die ganze Steinböschung, soweit sie von den Wellen getroffen wird, mufs auf einer Steinpackung ruhen, die sich bis unter den Meeresspiegel fortsetzt. Die Zwischenräume in derselben sind hinreichend weit, um die ganze aufgeschlagene Wassermasse dem Meere wieder zuzuführen, und sonach werden hierdurch die erwähnten Beschädigungen vollständig vermieden. Das westliche Ufer vor Pillau ist mit Stein-Böschungen eingefafst, die sehr verschiedene Neigungen haben. Ein Theil war mit dreifacher Anlage vor kurzer Zeit sehr sorgfältig ausgeführt, und obwohl er bei seiner mehr geschützten Lage dem Wellenschlage weniger ausgesetzt war, so wurde er doch in einem heftigen Sturme im Jahre 1826 vollständig zerstört, während eine viel steilere Böschung mit einundeinhalbfacher Anlage daneben, die auch viel härter getroffen wurde, sich ganz unversehrt erhielt. Die Ursache der verschiedenen

; aber augenscheinlich in der verschiedenartigen Unter-
diese aus groben Steinen bestand, die tief genug herab-
onnten die Wellen den Einsturz der Böschung nicht ver-

hende Bemerkung bezieht sich allein auf den obern Theil
ıfassung. Solche Steinböschung kann auch gegen veran-
lreihen, Steinkisten u. dgl. gelehnt werden. Letzteres war
Zeit bei den Ostsee-Häfen nicht ungewöhnlich, und man
i dieser Anordnung den Vortheil, dafs alles Holz ent-
ändig vom Wasser bedeckt bleibt, oder doch so wenig
gt, dafs es nie vollständig austrocknet und daher seine
sehr lange behält. Holz-Constructionen dieser Art eig-
ıch zu Hafendämmen, und indem sie bei diesen vorzugs-
endung gefunden haben, so empfiehlt es sich, ihre Be-
bei Gelegenheit der letzteren zu geben. Dasselbe gilt
lem Senkstückbau, wovon jedoch schon hier erwähnt wer-
dafs die Anordnung der Senkstücke bei Uferdeckun-
verschieden von derjenigen ist, die man bei Hafendäm-
bei frei liegenden Einbauen wählt.
mensionen der Senkstücke werden nach der Neigung des
mmt, und es hindert nichts, ihnen an einer Seite eine
öhe, als an der andern zu geben. Hierdurch lassen sich
lmäfsigkeiten des Bodens leicht ausgleichen. Es ist je-
nothwendig, die Vorsicht in dieser Beziehung zu weit
da eines Theils einzelne dazwischen oder vor dem Ufer
Räume sehr bequem und ganz sicher durch das Senkma-
:füllt werden können, andern Theils aber auch eine mä-
ng in der Oberfläche der Senkstücke ohne Nachtheil ist,
die Abweichung von der Horizontal-Ebene nicht so grofs
der Kies oder die Steine, die man zur Versenkung be-
die zur Bildung der Böschung dienen, von dem Stücke
. Wichtiger ist es, darauf zu achten, dafs die verschie-
en der Senkstücke, die über einander aufgebracht wer-
ı den Stöfsen überdecken, und sonach einen guten Ver-
h darstellen.
beginnt in diesem Falle, wie bei allen sonstigen Ufer-
nothwendig ist, mit einer sorgfältigen Tiefenmessung und
e Quer-Profile in dem Abstande von einigen Ruhten von

einander. In die Zeichnung derselben trägt man die beabsichtigte Krone des Deckwerkes oder die Linie des regulirten Ufers und die äufsere Böschung ein. Letztere hat gemeinhin eine zwei- bis dreifache Anlage. Steiler wählt man sie gewöhnlich nicht, weil sonst die Stücke zu wenig vor einander vortreten, und sonach die auf den äufsern Rändern liegenden Steine zu leicht herabfallen würden. Auch könnte die sehr steile Böschung zu einer starken Vertiefung Veranlassung geben, falls zu Zeiten eine heftige Strömung vorbeiginge. Fig. 65 zeigt ein solches Deckwerk mit zweifacher Anlage im Querschnitt.

Bei Anordnung der verschiedenen Senkstück-Lagen ist der mittlere Wasserstand zu berücksichtigen, unter welchen die Ostsee nur wenig, und nur auf kurze Zeit herabzusinken pflegt. Alles Strauchwerk, also mit Einschlufs der Oberflächen der Senkstücke, mufs nach erfolgter Compression wenigstens 1 Fufs unter diesem Niveau bleiben. Hiervon ausgehend, trägt man in alle Profile die nöthigen Senkstück-Lagen ein, von denen jede etwa 4 Fufs hoch ist. Die gröfsten Unregelmäfsigkeiten des Grundes werden schon durch die verschiedene Dicke der untern Lage ausgeglichen. Man darf jedoch die Stücke nicht etwa in einen scharfen Keil auslaufen lassen, vielmehr fordert die Bequemlichkeit und Sicherheit der Construction, dafs die Dicke des noch nicht comprimirten Stückes überall wenigstens 3 Fufs mifst. Wenn dabei die Regelmäfsigkeit des Baues auch zu leiden scheint, so darf man nicht vergessen, dafs die Senkstücke weiche und biegsame Massen sind, die sich allen Unebenheiten der Unterlage anschliefsen und aufserdem sehr stark comprimirt werden. Ueberdiefs mufs das Beschwerungsmaterial in grofser Masse aufgebracht werden, und mit demselben füllen sich nicht nur die Fugen, sondern es bietet auch jedesmal Gelegenheit, die vorhandenen Vertiefungen auszugleichen. Es darf kaum erwähnt werden, dafs man aufser diesen Querprofilen auch eine Situationszeichnung mit Angabe der verschiedenen horizontalen Tiefenlinien aufnehmen mufs, und nach der letzteren werden die Längen der Senkstücke in den verschiedenen Lagen bestimmt. Dabei mufs der Verband, oder die Ueberdeckung jeder Stofsfuge beachtet werden, auch sind die Fugen wenigstens 1 Fufs, und in tieferen Lagen bis 2 Fufs breit anzunehmen, weil die Stücke derselben Lage mit Sicherheit sich nicht näher an einander bringen lassen. Das Senkmaterial wird

inhin in solcher Höhe aufgebracht, dafs es den Raum anfüllt,
urch die Compression des beschwerten Senkstückes frei wird.
pflegt anzunehmen, dafs das Stück, welches schon beim Abbin-
was comprimirt wurde, später zwei Drittheile der Höhe behält,
iernach mufs die Schicht des Senkmaterials halb so hoch, als
mprimirte Senkstück sein. Dieses gilt jedoch nur für schwä-
Belastungen, aufserdem ist aber auch die Beschaffenheit des
es und des Senkmaterials dabei von wesentlichem Einflusse.
iger von dem Letzteren in das Stück hineinfällt, um so stär-
nprimirt sich dieses.

e Breite jedes Stückes wird so gewählt, dafs sein oberer
ach erfolgter Compression die beabsichtigte Böschung noch
erührt und sich rückwärts gegen das natürliche Ufer lehnt.
jedoch ohne Nachtheil, wenn dazwischen auch ein bedeuten-
um frei bleibt, denn Letzterer kann, insofern er vollständig
zt ist, mit leichtem Material, also etwa mit Sand ausgefüllt
.

e Senkstücke müssen mit den vorderen Rändern von der Bö-
soweit entfernt sein, dafs die Steindossirung sie vollständig
kt. Hiervon macht nur die untere Lage eine Ausnahme,
se die Dossirung abschneidet. Man läfst zwar zuweilen die
hüttung noch weiter vortreten, da jedoch in diesem Falle die
nur auf dem Sande ruhn würden, und letzterer beim Wel-
ge fortgespült wird, so wäre zu besorgen, dafs sie bald ver-

as die Ausführung betrifft, so versenkt man zunächst die
edenen Lagen übereinander, indem man jede einzelne mit
forderlichen Beschwerungs-Material überdeckt. Die Steindos-
pflegt man aber nicht sogleich anzuschütten, weil es eine
Bequemlichkeit gewährt, beim spätern Versetzen des obern
der Böschung und beim Ueberpflastern derselben, diejenigen
welche sich hierzu nicht eignen, auf die Dossirung zu wer-
l hierdurch die letztere unter Wasser darzustellen. Aufser-
ebt man den Senkstücken gern während einer längeren Zeit,
enigstens während eines Winters, eine recht starke Belastung,
ieses geschieht mit den geringsten Kosten, indem man das
nte Steinquantum auf die obere Lage bringt, und es so lange
liegen läfst, bis der Bau nach vollständiger Compression ge-

hörig geordnet und abgepflastert wird. Um das Pflaster in seinem Fuſse zu sichern, lehnt man dasselbe, wie die Figur zeigt, gegen eine Reihe von schwachen Pfählen, die in die Senkstücke eingerammt sind, und welche man gemeinhin Caissons-Pfähle nennt, wenn auch nicht wirkliche Caissons oder getrennte Felder in der Steindecke vorkommen.

Die Pflastersteine müssen so groſs und schwer sein, daſs sie von den Wellen nicht leicht ausgehoben werden, und dieses wird am sichersten dadurch vermieden, daſs das Versinken einzelner Steine verhindert oder jedem Steine ein möglichst sicheres und gut schlieſsendes Lager gegeben wird. Indem gemeinhin groſse und gesprengte Blöcke angewendet werden, so empfiehlt es sich, die Steine mit den ebenen Flächen aufliegen zu lassen. Der Bau erhält dadurch freilich schon sogleich ein etwas unregelmäſsiges Ansehn, indem die unebensten Flächen aufwärts gekehrt sind, aber wenn das Entgegengesetzte geschieht und man die ebenen Flächen aufwärts kehrt, so kann das Lager nicht gehörig gesichert werden, und die Unregelmäſsigkeit wird bald viel gröſser, als im ersten Falle. Daſs man vorragende Theile der Steine, die den Schluſs verhindern würden, durch Abschlagen beseitigt, bedarf kaum der Erwähnung, doch muſs wieder daran erinnert werden, daſs es ganz zwecklos ist, die Fugen zwischen den Steinen durch eingetriebene Zwicke oder durch aufgeschütteten Kies zu füllen, weil eins, wie das andre, beim Wellenschlage sogleich ausgewaschen und fortgespült wird.

§. 22.

Einbaue vor Auſsendeichen.

Die Bauwerke, von denen hier die Rede sein soll, stimmen in ihrer Anordnung und ihren Wirkungen sehr nahe mit den Buhnen an den oberländischen Strömen überein. Dieselbe Benennung würde daher auch für diese Art der Seebauten die angemessenste sein, wenn sie irgendwo an den Meeresküsten üblich wäre. Dieses ist aber nicht der Fall, denn auſser der ganz allgemeinen Bezeichnung, die zur Ueberschrift gewählt ist, und welche bereits Woltman eingeführt hat, giebt es kein Wort in der deutschen Sprache, das die

ganze Classe dieser Bauwerke umfafst. Je nachdem sie in Holz, in Strauch oder mit einer Steindecke ausgeführt sind, erhalten sie verschiedene Benennungen. Ein Einbau aus starkem Holze heifst ein Höft, aus Strauch und schwächeren Pfählen ein Stack, und wenn das Werk aus Faschinen gepackt, gehörig beschwert und mit Steinen oder in andrer Weise abgedeckt ist, so nennt man es eine Schlenge.

Die Einbaue sollen die Ufer vor denjenigen Beschädigungen sichern, welche aus der Nähe einer grofsen Tiefe entspringen. Indem diese Tiefe aber durch den Strom veranlafst und erhalten wird, der sich längs der Küste hinzieht, und die in Rede stehenden Werke ihn abweisen, indem sie den nächst liegenden Theil seines Schlauches sperren, so dienen sie gewissermaafsen auch zur Regulirung der Strömungen im Meere. Namentlich ist dieses der Fall, wenn hohe Watte oder andre Untiefen vor dem Ufer liegen, zwischen welchen einzelne vertiefte Rinnen sich hindurchziehn, die zur Zeit der stärksten Fluth und Ebbe kräftig durchströmt werden. In dieser Beziehung stimmt sonach auch der Zweck der Einbaue am Meere mit dem der Buhnen an den Strömen überein, aber ein wesentlicher Unterschied beider beruht darin, dafs die Strom-Regulirung, welche man durch die Buhnen herbeiführen will, nur das Mittel zu einem entfernteren Zwecke ist, nämlich zur Erzeugung der für die Schiffahrt erforderlichen Tiefe. Dieser Zweck liegt dagegen bei den Anlagen, von denen hier die Rede ist, niemals vor, weil das Meer schon die hinreichende Tiefe hat, und die Schiffahrt immer um so sicherer ist, je weiter das tiefe Fahrwasser sich von dem Ufer entfernt. Unmittelbar in den Mündungen der Ströme kann freilich auch die Bildung eines tiefen Fahrwassers sich als Bedürfnifs herausstellen, und manche bauliche Anlagen veranlassen, die diesen Einbauen nicht unähnlich sind. Letztere gehören indessen theils nicht in diesen Abschnitt, der von der Sicherung der Meeresufer handelt, theils aber pflegt man in solchem Falle nicht sowol Buhnen, als Parallelwerke auszuführen, die das Fahrwasser zur Seite gleichmäfsig begrenzen. Dieses sind vorzugsweise die Hafendämme oder Molen, von denen später die Rede sein wird. Aufserdem findet zwischen den Einbauen am Meere und an den Strömen noch der wesentliche Unterschied statt, dafs die Entfernung, bis zu der die letzteren vortreten dürfen, durch die Breite bedingt wird,

die das Strombette behalten, und bis zu der es auch eingeschränkt werden mufs, wenn der Zweck der Stromregulirung erfüllt werden soll. Am Meere dagegen giebt es für die Einschränkung keine Grenze, und man kann die Werke bis zu jeder beliebigen Entfernung verlängern, ohne dafs man besorgen darf, irgend eine nachtheilige Profil-Beschränkung zu veranlassen. Damit die Werke sich aber möglichst gegenseitig schützen und unterstützen, und der durch sie zurückgedrängte Strom sich regelmäfsig ausbilde, müssen ihre Köpfe in eine angemessen gewählte Linie fallen. Man kann eine solche nicht mehr Uferlinie nennen, weil es nicht leicht gelingt, das Ufer bis an sie auszudehnen, vielmehr gemeinhin die Einbaue dauernd ihre freie Lage behalten, und man mit ihren Wirkungen schon sehr zufrieden sein mufs, wenn sie nur den weitern Abbruch des Wattes oder Strandes verhindern, oder im äufsersten Falle einige Erhöhung desselben zur Folge haben.

Die Einbaue sind im Allgemeinen am wirksamsten und mäfsigen vorzugsweise die Strömung und den Wellenschlag vor dem Ufer, wenn sie recht lang sind, oder wenn jene durch ihre Köpfe gelegte Streichlinie recht weit vortritt. Die Schwierigkeiten und Kosten des Baues nehmen aber theils mit der Länge und theils mit der Tiefe in so hohem Grade zu, dafs man den Abstand jener Linie vom Ufer jedesmal auf das geringste Maafs beschränken mufs. Dieselbe Rücksicht darf auch bei Beurtheilung der Unterhaltungskosten nicht unbeachtet bleiben, denn die Werke sind viel stärkeren Zerstörungen ausgesetzt, wenn sie bis zu gröfseren Tiefen hinausreichen.

Aufser diesen Andeutungen läfst sich im Allgemeinen über die Wahl der Streichlinie wenig sagen. Eine sorgfältige Tiefenmessung und besonders die genaue Ermittelung des Randes der tieferen Rinne wird erkennen lassen, wie weit diese Linie mindestens vorgeschoben werden mufs, und wie die Kosten für den Bau sich stellen, je nachdem man den Strom weiter zurückdrängt, oder ihn nur nothdürftig vom Ufer abhält. Indem jedoch die Gefahr wesentlich vergröfsert wird, wenn der Strom in scharfer Krümmung sich dem Ufer nähert, so dafs Letzteres auf seiner convexen Seite liegt, oder die Concave bildet, so mufs man besonders in diesem Falle die Einbaue soweit zu verlängern suchen, dafs die Krümmung sich mäfsigt oder ganz aufhört. Auch dürfte zu empfehlen sein, dafs man

nicht nur da, wo gerade die Gefahr droht, solche Werke erbaut, sondern in gleicher Art, wie bei Strom-Correctionen geschieht, eine regelmäfsige Begrenzungs-Linie darstellt, die sich zu beiden Seiten an das bestehende Ufer anschliefst, und in dieses ausläuft. Man hat indessen nur in sehr seltenen Fällen eine solche systematische Anordnung gewählt, vielmehr gewöhnlich wegen der grofsen Kosten sich darauf beschränkt, diejenigen Stellen zu decken, welche gerade bedroht wurden, so dafs die Werke plötzlich vor das Ufer weit vortreten. Wenn es auch nicht in Abrede zu stellen ist, dafs die beiderseitigen Anschlüsse des Buhnensystems an die Ufer weniger dringend sind, und in Bezug auf den nächsten Zweck sogar entbehrlich erscheinen, so ist dennoch ihr Einflufs auf jene mittleren und wichtigsten Werke nicht zu verkennen, die durch sie einigermaafsen gedeckt werden. Vorzugsweise ist diese Anordnung aber in sofern vortheilhaft, als dadurch der Strom neben dem Ufer geregelt wird, und seine plötzlichen Einbiegungen gegen dasselbe verschwinden.

In vielen Fällen mufs man sich damit begnügen, den Strom nur wenig von dem Ufer entfernt zu halten, weil die Kosten längerer Werke bei der grofsen Tiefe, die durchbaut werden müfste, ganz unerschwinglich erscheinen. Dieses ist namentlich der Fall, wenn das Ufer das offene Meer begrenzt, wenn also weder Watte, noch hohe Sandbänke davor liegen. An der Niederländischen Küste hat man verschiedentlich den Angriff des Meeres in dieser Art abzuweisen versucht, doch immer nur da, wo ein weiterer Abbruch im allgemeinen Interesse verhindert werden mufste, also namentlich, wenn bedeutende Orte oder Seehäfen dicht dahinter liegen, oder wo die natürliche Dünenkette bereits durchbrochen war, und man durch künstliche Mittel, die noch eines besondern Schutzes bedurften, den Eintritt der höchsten Fluthen in die Niederungen verhindern mufste.

Woltman ist der Ansicht, dafs eine Buhne, die ein Ufer schützen soll, um so länger sein mufs, je gröfser die Tiefe ist. Eine solche Beziehung läfst sich gewifs nicht in Abrede stellen, und am wenigsten, wenn es darauf ankommt, das Ufer gegen starken Wellenschlag zu sichern. Das ganze System der neben einander liegenden Einbaue würde aber höchst unregelmäfsig ausfallen, wenn man die Länge jedes einzelnen Werkes allein nach der Tiefe bestimmen wollte, die zufälliger Weise zur Zeit des Baues daselbst

statt findet. Die Forderung, dafs die Einbaue durch eine angemessen gewählte Linie begrenzt werden, mufs daher immer maafsgebend bleiben. Man kann indessen hiermit auch sehr wohl die so eben angedeutete Bedingung verbinden, indem letztere nur auf die Ermittelung der gröfsten Länge bezogen wird. Hiernach würde für diejenige Stelle, wo die grofse Tiefe dem Ufer sich am meisten nähert, die Lage der Streichlinie bestimmt werden, zu beiden Seiten würde man diese aber so zu ziehn haben, wie die erste Bedingung mit Rücksicht auf die möglichste Ermäfsigung der Kosten es fordert. Mehrere von diesen Einbauen würden daher mit Rücksicht auf die Tiefe, die sie erreichen, eine überflüssige Länge erhalten, doch dürfte man diese nicht vermindern, weil der Strom regelmäfsig begrenzt werden mufs.

Nach Woltman*) bestimmt sich die Länge eines Einbaues am Meere in der Art, dafs sie ein bestimmtes Vielfaches der Niveau-Differenz zwischen dem Watt und der Sohle der Stromrinne betragen mufs. Die Gröfse dieses Factors ist ohne Zweifel von manchen äufsern Umständen abhängig, und wenn diese besonders günstig sind, so kann man den Factor gleich Vier, oder auch wohl gleich Drei setzen. Bei einer frei liegenden Küste, und besonders wenn eine starke Strömung vorbeizieht, mufs man dagegen ein weit gröfseres Verhältnifs wählen, und Woltman empfiehlt für Localitäten ähnlich denen der Küste des Amtes Ritzebüttel, den Factor gleich Zehn bis Zwölf zu setzen.

Es ist vortheilhaft, diese Werke schon früher zu erbauen, ehe sie bei der Länge, die sie nach vorstehender Regel erhalten, die tiefe Stromrinne wirklich erreichen. Sie treffen also noch vollständig auf das Watt, wodurch ihre Ausführung aufserordentlich erleichtert wird. Sie verhindern demnächst auch die weitere Erniedrigung des Wattes, veranlassen vielleicht sogar einige Erhöhung desselben, aber den Abbruch des Wattes oder die fernere Annäherung der tieferen Stromrinne an das Ufer können sie nicht früher abweisen, als bis ihre Köpfe von dieser Rinne wirklich erreicht sind. Alsdann tritt hier eine grofse Vertiefung ein, und die Köpfe müssen durch Steinschüttungen so gesichert werden, dafs sie nicht selbst in Gefahr kommen.

---

*) Beiträge zur hydraulischen Architectur. II. Seite 175.

Die Entfernung der einzelnen Werke von einander hängt ... so, wie bei den oberländischen Strömen, von verschiedenen ...ständen und namentlich davon ab, ob die Stromrinne zu schar... Krümmungen geneigt ist. Wenn dieses der Fall ist, oder wenn ... Rinne nur geringe Breite hat, also vielleicht ein hoher Grund der gegenüber liegenden Seite sie begrenzt, der sie nach dem ... hinüberdrängt, so müssen die Werke ganz unabhängig von ... Länge ziemlich nahe liegen. Dieses ist wenigstens nothwen... wenn man die Absicht verfolgt, den Strom recht regelmäfsig ...em Ufer vorbeizuführen. Andrerseits leidet es indessen auch ... Zweifel, dafs ein Einbau um so sicherer das Ufer schützt, ...seine Wirksamkeit sich auf eine um so gröfsere Länge des ... erstreckt, je weiter er vor dasselbe vortritt. Man pflegt bei ...mung der Abstände der Einbaue vorzugsweise diese letzte ...icht als maafsgebend zu betrachten, und die Entfernung der ... nach einem bestimmten Verhältnisse aus ihrer Länge, oder ... sie nicht normal vor das Ufer treten, aus dem normalen Ab... ihrer Köpfe vor dem Ufer herzuleiten. Eine allgemein gül... ...egel hat sich in dieser Beziehung nicht herausgestellt, doch ... Erfahrung wohl gezeigt, dafs ein wirksamer Uferschutz nur ...t wird, wenn die Entfernung der Einbaue von einander das ...he des normalen Abstandes der Köpfe von dem Ufer nicht ...igt, und in manchen Fällen hat man sich gezwungen gesehn, ...Entfernung sogar auf die Hälfte zu reduciren, oder später ...wischenwerke zu erbauen, weil die anfangs gewählten Inter... ...n grofs waren, als dafs sie das Eindringen der tiefen Rinne verhindern können.

...erbei mufs aber noch darauf aufmerksam gemacht werden, ...e Einbaue allein das Ufer nur unvollkommen schützen, und ...lich den Abbruch durch Wellenschlag meist nicht verhindern. ...ers geschieht dieses, wenn der Wind in der Richtung dieser ...e steht, und sonach die auflaufenden Wellen zwischen ihnen ... ihre volle Stärke behalten. Hiernach wird ziemlich allge... ...ufser diesen Einbauen auch noch die Uferdeckung voll... ... ausgeführt, wie solche früher beschrieben ist. Man bemerkt ...oft, dafs neben den Wurzeln der Einbaue, oder an den Stel... ...o diese sich an das Ufer anschliefsen, der Angriff stärker als er früher war, und dieses erklärt sich dadurch, dafs die

Wellen, wenn sie in die Winkel einlaufen, hier ihre Bewegung concentriren und eine hohe Brandung veranlassen.

Demnächst entsteht die Frage, ob man die Einbaue normal gegen das Meeresufer legen, oder ihnen eine Richtung geben soll, die nach der einen oder der andern Seite mehr oder weniger geneigt ist. Woltman empfiehlt das Erste und zwar vorzugsweise deshalb, weil man bei dieser Anordnung mit der geringsten Länge den gröfsten Abstand vom Ufer erreicht. Aufserdem macht er aber auch darauf aufmerksam, dafs in den stumpfen Winkeln der Wellenschlag sich sehr zu verstärken pflegt, und es deshalb vortheilhaft ist, alle Winkel möglichst klein, also jeden gleich einem rechten zu machen. Der erste Grund, obwohl in voller Schärfe richtig, ist indessen nicht maafsgebend, da bei einiger Abweichung von der Normalen, wodurch möglicher Weise schon andre bedeutende Vortheile erreicht werden, der Abstand des Kopfes von dem Ufer noch sehr nahe der Länge des Werkes gleich bleibt, weil dieser Abstand nur in dem Verhältnisse des Cosinus eines kleinen Winkels sich ändert. Es ist daher zu untersuchen, ob die beabsichtigte Wirkung dieser Einbaue dadurch befördert werden kann, dafs man sie in etwas schräger Richtung ausführt. Auf das Urtheil von Woltman dürfte dabei kaum Gewicht zu legen sein, da derselbe wohl nie Gelegenheit hatte, die Wirkungen der inclinanten Werke zu beobachten. An der Meeresküste ist man, soviel bekannt, niemals von der Absicht ausgegangen, inclinante Einbaue darzustellen, vielmehr bezog sich die Abweichung von der normalen Richtung immer nur auf declinante Werke. Man folgte also bei diesen Bauten noch denselben Grundsätzen, die früher bei der Regulirung der oberländischen Ströme allgemein maafsgebend waren.

Ferner darf man nicht unbeachtet lassen, dafs die Strömungen an der Meeresküste, soweit sie von Fluth und Ebbe oder vom Winde herrühren, ihre Richtung nicht dauernd beibehalten, sondern letztere abwechselnd sich verändert. Der Fluthstrom ist gewöhnlich dem Ebbestrom direct entgegengesetzt, und die Buhne, die gegen den ersteren eine declinante Lage hat, ist für den letzteren inclinant. Wo beide Strömungen gleich stark sind, giebt es daher gewifs keinen Grund, von der normalen Richtung abzuweichen, der Vortheil, den man dadurch in einem Falle erreichen könnte, würde durch einen eben so grofsen Nachtheil im andern Falle auf-

hoben werden. Gewöhnlich sind indessen beide Strömungen nicht ich. Oft geschieht es, dafs nur eine von beiden sich nahe am r hinzieht, die andre dagegen sich weiter davon entfernt, also geringere Einwirkung von den Buhnen erfährt. Noch häufiger derholt sich aber der Fall, dafs beide an derselben Stelle und denselben Rinnen sich bewegen, ihre Stärke aber sehr verschieist. Die Frage in Betreff der vortheilhaftesten Richtung ist r keineswegs ganz bedeutungslos.

Der Vorzug der inklinanten Buhne vor der senkrechten und entlich vor der declinanten beruht darauf, dafs sie zu der Bil; starker Wirbel in den Intervallen am wenigsten Veranlassung , demnächst aber auch, dafs sie das überstürzende Wasser nicht dem Ufer richtet, sondern es von demselben abweist. Beide lge werden befördert, wenn die Buhne recht lang ist, oder 1 bedeutenden Theil des Profiles abschliefst, also einen merkn Stau erzeugt. Einen solchen Erfolg kann eine Buhne oder Einbau am Meeresufer nicht leicht haben, weil das Stromprofil übermäfsig grofs ist, und man darf deshalb wohl vermuthen, ein inclinantes Werk sich nicht in auffallender Weise vortheilr. als ein senkrechtes zeigen wird. Hieraus erklärt es sich , dafs man in den Wirkungen der senkrechten und der decli-en Werke vor Meeresufern keinen merklichen Unterschied wahrommen hat. Nichts desto weniger folgt hieraus noch keines-s, dafs die Vorzüge der inclinanten Werke, worüber unter die Verhältnissen noch keine Beobachtungen vorliegen, hier ganz en sollten.

Bei Beantwortung der vorliegenden Frage darf man endlich h die Richtung der herrschenden und der stärksten Winde nicht eachtet lassen, und man mufs immer dafür sorgen, dafs die Eine die Kraft der gegen das Ufer anlaufenden Wellen möglichst chen. Aus allen diesen Umständen ergiebt sich, dafs man bei bauen am Meere in vielen Fällen die senkrechte Richtung als vortheilhafteste wählen kann, und vielleicht niemals Veranlasg vorliegt, sich von derselben zu entfernen, dafs jedoch eine nig inclinante Richtung, wobei also der Einbau der stärksten ömung entgegen gekehrt wird, unter Umständen doch vielleicht rtheilhaft sein dürfte.

Für die Wahl der entgegengesetzten, oder der declinanten Rich-

tung giebt es aber keinen Grund, und so oft man dieselbe gewählt hat, ist dieses wohl nur geschehn, weil man der früher allgemein verbreiteten Ansicht folgte, und meinte, dafs die Wasserfäden, welche die Buhnen treffen, von denselben wie elastische Körper reflectirt werden.

Endlich kommt bei der Anordnung dieser Einbaue auch noch deren Höhe in Betracht. Ueber die gewöhnlichen Fluthen pflegt man sie selten zu erheben, weil sie alsdann einem zu heftigen Wellenschlage ausgesetzt und zu schwer zu erhalten sind. Dagegen legt man sie wenigstens in ihrer Wurzel oder in dem Anschlusse an das Ufer auch nicht tiefer, um ihre Wirksamkeit nicht zu sehr zu beschränken. Sonach ist es ziemlich allgemein üblich, ihre Höhe mit der des gewöhnlichen Hochwassers übereinstimmen zu lassen, eine Verschiedenheit findet nur in sofern statt, als man zuweilen die Krone horizontal durchführt, und den Kopf eben so hoch, wie die Wurzel legt, zuweilen aber die Krone abfallen läfst, und den Kopf niedriger hält.

Woltman empfiehlt unbedingt die letzte Methode, die auch bei Strombauten ziemlich allgemein eingeführt ist. Er sagt, man müsse diese Anordnung wählen, weil sonst vor dem Kopfe eine sehr starke Strömung sich concentrirt, die eine Vertiefung erzeugt, welche das ganze Werk bedroht. Diese Rücksicht verdient gewifs volle Beachtung, denn wenn man auch den Kopf durch Steinschüttung gegen gewöhnliche Beschädigungen gesichert hat, so versinkt die Schüttung oft sehr schnell in die Tiefe, und indem alsdann der nächste Theil des Werkes das äufsere Ende oder den Kopf bildet, so trifft diesen dieselbe Zerstörung um so leichter, als er des Schutzes entbehrt. Hierzu kommt aber noch, dafs der Wellenschlag auf dem äufsern Rande des Wattes stärker, als am Ufer ist, und daher auch in dieser Beziehung die Beschädigungen in der Nähe des Kopfes sehr grofs werden, wenn man denselben nicht durch seine tiefere Lage vor dem heftigen Angriffe schützt. Endlich wird auch der Niederschlag der thonigen Theilchen befördert, wenn man die Ueberströmung der Werke nicht ganz unterbricht. Die Zwischenräume werden alsdann leichter mit trübem Wasser gefüllt, und wenn dieses sich auch nicht vollständig klären kann, indem es stets einige Bewegung behält, so läfst es dennoch hierbei eine gröfsere Menge Thon fallen, als wenn der Zuflufs mehr behindert ist.

Fig. 66 zeigt das Längen-Profil einer Schlenge nach der
Woltman empfohlnen Anordnung. Die Krone liegt neben dem
r in der Höhe des gewöhnlichen Hochwassers, am Kopfe des
dagegen möglichst tief. Bis unter das gewöhnliche nie-
Wasser kann sie aber nicht herabgeführt werden, weil sie
bei der üblichen Constructions-Art nicht auszuführen wäre,
muſs sogar einige Fuſse darüber bleiben, wenn das Watt noch
ist, und hierdurch wird die Ausführung sehr erleichtert. Eine
lage von Faschinen, mit Steinen bedeckt, umgiebt den Kopf
reicht so weit über denselben hinaus, daſs wenn sie bei der
ren Annäherung der tiefen Rinne in diese herabsinkt, der ganze
dennoch durchschnittlich in seiner Krone die nöthige Anlage
t.

Die Einbaue werden sehr verschiedenartig construirt. Zuweilen
hn sie ganz aus Faschinen oder Strauch. Dieses ist der
in dem erhöhten Theile der Fig. 66 dargestellten Schlenge.
im Oldenburgischen werden sie in derselben Art ausgeführt.
67 zeigt eine solche, wie sie im Busen der Jade theils zum
ze des dahinter liegenden Deiches und theils zur Erhöhung
Vattes vielfach vorkommen. Ihre Krone, die horizontal gehal-
rird, ist 8 bis 12 Fuſs breit, die Seitendossirung ist so steil,
sie auf 2 Fuſs Höhe nur 1 Fuſs Anlage hat, die Dossirung vor
Kopfe erhält dagegen einfache Anlage. Die hierbei verwen-
Faschinen sind wegen der Seltenheit des längeren Strauches
twa 5 Fuſs lang, und bestehn groſsentheils aus krummen und
ch starken Aesten. Sie werden nach der in Holland üblichen
de so verlegt, daſs die äuſsere Ansicht des Werkes überall die
nenden zeigt. Hiernach liegen die sämmtlichen Faschinen, mit
ahme derjenigen, welche den Kopf bilden, parallel zu einander.
erühren und überdecken sich im Innern des Werkes mit ihren
lenden, und wo dieses wegen gröſserer Breite der Lage nicht
ehn kann, wird der innere Raum noch besonders mit losem
ch oder mit kurzen Faschinen gefüllt. Der ganze Bau wird
Zeit des niedrigen Wassers auf dem Watte, also im Trocknen
führt. Sobald man eine Lage von etwa 1½ Fuſs Höhe aufge-
it hat, wird dieselbe ringsum mit zwei Randwürsten benagelt.
Pfähle, die hierzu verwendet werden, sind etwa 6 Fuſs lang,
obern Ende gelocht und mit einem Vorstecknagel versehn, mit

welchem sie die Würste niederdrücken und dadurch die gan[illegible] Packung etwas comprimiren. Hierauf wird unmittelbar die zwei[illegible] Lage Faschinen aufgebracht, ohne dafs Beschwerungs-Material [illegible] bei verwendet wird. Sobald aber das Werk seine volle Höhe [illegible] reicht hat, so bemüht man sich, die Krone möglichst auszugleich[illegible] und rammt alsdann auf dieser mehrere Reihen starker Pfähle [illegible] Die Reihen sind nach der Länge des Werkes gerichtet und [illegible] sich im Halbkreise um den Kopf herum. Ihr Abstand beträgt [illegible] 2 Fufs von einander, und der Abstand der einzelnen Pfähle in [illegible] Reihen etwa 1 Fufs. Diese Pfähle haben nach Maafsgabe der [illegible] henlage des Wattes verschiedene Längen und reichen jedesmal [illegible] die ganze Packung hindurch bis in den Untergrund. Gegen [illegible] Kopf des Einbaues sind sie daher gemeinhin etwa 12 Fufs lang. [illegible] bestehn wieder aus starken Aesten und werden oben gleichfalls ge[illegible] locht und mit einem Vorstecknagel versehn. Wenn sie so tief [illegible] gerammt sind, dafs diese Nägel etwa noch 1 Fufs über die ober[illegible] Lage vorragen, so wird starkes Strauch um die Pfähle jeder Rei[illegible] geflochten, wodurch sich Zäunungen nach der Länge des Werk[illegible] also quer gegen die Faschinen darstellen. Um diese Flechtzä[illegible] auf die Strauchlagen darunter fest anzudrücken, rammt man en[illegible] lich noch die Pfähle kräftig nach, und hiermit ist der ganze Ba[illegible] beendigt, indem weder Steine, noch irgend andere Beschwerung[illegible] Materialien auf die Krone gebracht werden.

Diese Werke dürften sehr lose und unhaltbar erscheinen, i[illegible] sofern das Strauch bei der abwechselnden Benetzung und Austro[illegible] nung bald leidet, auch schwindet, und sonach der feste Zusamme[illegible] hang des ganzen Baues in Kurzem aufhört. Dieses findet indess[illegible] keineswegs in dem Maafse statt, als man vermuthen dürfte. [illegible] tritt nämlich der sehr günstige Umstand ein, dafs in den Werk[illegible] selbst eine grofse Masse Thon sich aus dem trüben Fluthwas[illegible] niederschlägt. Sobald nur einige Fluthen darüber gegangen si[illegible] so ist jedes einzelne Reis mit einer dünnen Schlammlage über[illegible] gen, und indem der Niederschlag sich immer weiter fortsetzt, [illegible] lange noch hohle Räume vorhanden sind, auch während der Eb[illegible] von den aus dem Wasser tretenden Reisern der weiche Schla[illegible] abtröpfelt, so füllen sich nach und nach alle Zwischenräume [illegible] zähem Thone an. Dieser verhindert aber nicht nur das Austro[illegible] nen des Strauches bei niedrigem Wasser, sondern giebt auch [illegible]

sich dem Werke so viel Masse, dafs es dem Wellenschlage sicher
steht. Der ganze Einbau verwandelt sich in dieser Weise in
Thonklumpen, und das Strauch dient später nur noch, um
Erdmasse, die es einschliefst, vor der Einwirkung der Wellen
gegen Abspülung zu sichern. Nichts desto weniger sind die
chädigungen an diesen Werken doch sehr bedeutend. In jedem
re müssen wesentliche Ausbesserungen besonders in der Krone
genommen werden, und indem die erwähnten Zerstörungen in
äufsern Flächen nicht verhindert werden können, hier auch der
wurm sehr oft die gröfsten Verwüstungen anrichtet, so wird
solcher Bau von Jahr zu Jahr schwächer, und mufs nach mä-
r Dauer ganz aufgegeben und durch einen neuen ersetzt
den.

Häufig wird die Schlenge durch eine ziemlich dicht schliefsende
ge grofser und flacher Steine in der Krone bedeckt und
urch wesentlich vor Zerstörungen geschützt. In dieser Art wa-
bis etwa vor 20 Jahren die langen Einbaue vor den sehr ge-
deten Dünen bei Petten in Nord-Holland, und in gleicher Weise
, wie bereits § 19 erwähnt, die beiden Werke gesichert, welche
Mündung des Entwässerungs-Canales bei Catwijk einschliefsen.
e Construction wiederholt sich auch sonst vielfach in den Nie-
anden. Man sichert sie dadurch, dafs die Steindecke zu beiden
en und besonders am Kopfe mit einer Reihe von besonders gro-
. schweren und recht lagerhaften Blöcken umgeben wird, die
ch doppelte Flechtzäune gestützt werden. Aufserdem pflegen
Werke, wenn sie auch am offenen Meere, also vor dem Strande
en, sich im Innern mit Sand anzufüllen, wodurch sie an Masse
entlich gewinnen und alsdann dem Angriffe der Wellen kräfti-
widerstehn. Nichts desto weniger bleiben sie doch in den
n Strauchlagen und an den Seiten der Zerstörung sehr ausge-
t und bedürfen daher in jedem Sommer bedeutender Reparatu-
. So oft diese vorkommen, werden die Steine, so weit es nöthig
abgehoben und, nachdem die Faschinen-Packung überhöht und
tändig ausgeglichen ist, auch die Zäunungen ausgeführt sind,
der aufgebracht. Um diesen Werken eine gröfsere Dauer zu
en, hat man in neuerer Zeit in mehrfacher Beziehung Aende-
gen der Construction eingeführt, die bei Gelegenheit der Beschrei-
g des Uferschutzes neben Petten mitgetheilt werden sollen.

In Betreff der Ausführung dieser Schlengen wäre noch darauf aufmerksam zu machen, dafs die Faschinenlagen nicht nur in der Krone, also unter der Steindecke, sondern auch im Innern durch Flechtzäune verbunden werden. Von diesen in den Niederlanden vielfach zur Anwendung kommenden und überaus sorgfältig geflochtenen Zäunungen ist bereits im II. Theile dieses Handbuchs § 80 die Rede gewesen, auch zeigt die zugehörige Figur 149 einen solchen Zaun. Hier wäre nur in Betreff der Packwerke an der See, die einer besonders festen Verbindung bedürfen, zu erinnern, dafs die Zaunpfähle, die für die untern Lagen nur etwa 3 Fufs lang sind, meist sehr nahe neben einander eingestofsen werden, so dafs der lichte Zwischenraum nur 3 bis 4 Zoll mifst. Auf die laufende Ruthe rechnet man gemeinhin 28 Pfähle. Das Flechtwerk ist etwa 6 Zoll hoch, und die Pfahlköpfe ragen darüber 1½ bis 2 Zoll vor. Beim Flechten wird besonders dahin gesehn, dafs die dünnen Weidenruthen nirgend knicken oder brechen, weil sie sich in diesem Falle nicht fest an den Pfahl anlegen würden. Behalten sie dagegen ihre volle Festigkeit, so schliefsen sie sich so scharf an, dafs ein Abgleiten über den Kopf nicht zu besorgen ist. Wenn es jedoch darauf ankommt, die Faschinenlage recht scharf niederzudrücken, was in der Krone der Fall ist, so pflegt man noch etwa jeden vierten Pfahl mit einer Kerbe oder mit einem Nagel von Eichen- oder Eschenholz neben dem Kopfe zu versehn, und letzterer wird nachdem er umflochten ist, besonders fest herabgetrieben. Um endlich dem ganzen Werke mehr Zusammenhang zu geben, so benutzt man zu den oberen Flechtzäunen, welche die Steindecke umschliefsen, längere Pfähle, die durch die ganze Packung hindurch bis in den Untergrund reichen.

Die Schlengen, welche zum Schutze der hartbedrohten Westkappelschen Deiche auf der Insel Walcheren schon seit langer Zeit erbaut sind, bestehn gleichfalls aus Faschinen-Packungen, die jedoch sehr solide von Pfahlreihen umschlossen sind. Figuren 68 *a* und *b* zeigen einen Theil des Grundrisses und einen Querschnitt dieser Werke, die in ihrer Construction den Hafendämmen, wie solche in den Niederlanden vielfach vorkommen, ziemlich ähnlich sind. Jede Schlenge ist etwa 30 Ruthen lang und ungefähr 90 Ruthen von der nächsten entfernt. Die Krone ist 12 Fufs breit und liegt in der Wurzel 8 bis 12 Fufs über dem gewöhnlichen

hwasser, am Kopfe dagegen in der Höhe des letzteren. Diese
rke sind demnach bedeutend höher, als die bisher beschriebenen,
wahrscheinlich wird ihre Unterhaltung hierdurch sehr vertheuert.
i Pfahlreihen, nämlich zu beiden Seiten und in der Mittellinie,
hen sich durch die ganze Länge der Schlenge hin, und aufser-
p ist in Abständen von je 6 Fufs noch immer eine Querreihe
gerammt. In den einzelnen Reihen sind die Pfähle 1¼ Fufs von
ander entfernt, und mittelst angebolzter Zangen mit einander
bunden. Diese Zangen sind bei allen innern Reihen einfach, bei
äufsern dagegen doppelt, und durch letztere ist an jedem Pfahle
Bolzen hindurchgezogen. Die Felder zwischen diesen Pfahl-
hen sind mit Faschinen ausgepackt, die abwechselnd in der einen
der andern Richtung liegen, so dafs sie sich kreuzen. Flecht-
ne oder sonstige Verbindungen kommen hier nicht vor, doch
grofse Steine, die sich mehrfach überdecken, darüber aufgebracht
diese geben vorzugsweise dem ganzen Werke die nöthige Masse,
dem Wellenschlage hinreichend Widerstand zu leisten. Bei vor-
menden Reparaturen, die vorzugsweise in der Faschinen-Packung
nöthig werden, müssen die Steine ausgehoben und demnächst
der aufgebracht werden. Sehr bedenklich würde solche Con-
ction an Küstenstrecken sein, wo der Seewurm sich besonders
breiten kann, was jedoch an Strom-Mündungen nicht der Fall
sein pflegt.

Um die Vertiefungen zur Seite und vor den Köpfen dieser
rke möglichst zu verhinden, woselbst die Brandung gegen die
en und steilen Wände sehr stark ist, führt man rings umher
chinenbettungen aus, Risbermen genannt, die 18 bis 24 Fufs
t und grofsentheils mit Steinschüttung bedeckt sind. Nur an
minder bedrohten Stellen begnügt man sich damit, diese Pak-
gen, wie Fig. 68 zeigt, in der Nähe des Ufers allein durch Flecht-
e zu sichern.

Wesentlich verschieden ist die Constructions-Art, die man im
növerschen am nördlichen Ufer des Dollart zur Sicherung des
des, sowie auch zur weiteren Ausdehnung des Aufsendeiches
endet. Verfolgt man dieses Ufer von Emden aus in westlicher
htung, so trifft man in der Entfernung von etwa drei Viertel-
len eine vortretende Uferecke, das Logumer Hoek genannt, und
eine Meile weiter die sehr scharf vortretende Ecke, den Knock.

Zwischen diesen beiden Punkten hat sich eine bedeutende Conc ausgebildet, in welche der Strom um so stärker hineingedrängt w als die Untiefe, die Wibelsumer Plaate genannt, davor liegt. ses concave Ufer ist durch eine Anzahl Werke verbaut, deren C struction sich aus Fig. 69 ergiebt. Im Abstande von 12 bis 14 werden zwei Pfahlreihen eingerammt, die auf der innern Seite mehreren Gängen von Bohlen verkleidet sind, um die Zwisch räume zwischen den einzelnen Pfählen bis unter das Watt zu schli fsen. Die Pfähle reichen bis 3 Fufs unter das gewöhnliche Ho wasser herauf, und dazwischen ist zunächst ein Kern aus der Watte abgegrabenen Klaierde gebildet. Ueber diesen ist starke Lage von Faschinen ausgebreitet, die mit kleineren St und Ziegelbrocken beschwert ist. Endlich ist das Ganze mit Gra geschieben möglichst regelmäfsig überdeckt. Die Krone erhebt an der Wurzel 3 Fufs über das gewöhnliche Hochwasser. Es den sich dabei so steile Seitendossirungen, dafs man wohl besor müfste, dieselben könnten bei heftigem Wellenschlage zerstört w den, insofern die Wellen schon auf das Watt aufgelaufen sind, daher die Wassermasse in ihnen die fortschreitende Bewegung genommen hat. Die von der See aus in die Ems einlaufend Wellen treffen indessen diese Bucht nicht, und dieselbe wird ander seits auch durch die zum Königreich der Niederlande gehörige La zunge Reyde gegen die Wellen aus dem Dollart geschützt, wo die Werke wohl keinem besonders heftigen Wellenschlage ausg setzt sind.

Am häufigsten werden die Einbaue in einfacher Construct aus Holz ausgeführt, wie Fig. 70 *a* und *b* im Querschnitte und Grundrisse zeigt. Man nennt sie alsdann Stacke. Den wesent lichsten Theil derselben bildet eine dichte Holzwand, die Zangen zu beiden Seiten umschlossen und durch Streben gest wird. Je nachdem der Wellenschlag mehr oder minder heftig giebt man jener Wand eine gröfsere oder geringere Stärke. Au in der Darstellung der Wand kommen manche Abweichungen vo Auf der Insel Goederede, wo die sehr gefährdeten Deiche zu schütz sind, ist Balkenholz von 9 bis 10 Zoll Stärke dazu verwendet, die einzelnen Hölzer sind aufserdem mit Federn und Nuthen ve sehn, so dafs sie vollständige Spundwände bilden. An der El dagegen hält man grofsentheils starke Bohlen schon für ausreichen

vor den östlichen Ufern, wo doch der Wellenschlag besonheftig wird, wie etwa bei Hollenwettern. Die Wände waren bst nur aus 4zölligen Bohlen zusammengesetzt, wurden aber bständen von 4 Fufs durch je zwei Streben unterstützt. Zur Bejung der Streben dient gemeinhin ein langer und starker Schraubolzen, der die Köpfe derselben verbindet und zugleich durch Wand hindurchgreift.

Woltman empfiehlt, statt zweier Zangen nur eine anzuwenden, . die Hölzer doch niemals so genau in der Stärke übereinstim-, dafs sie durch die Zangen allein hinreichend fest gehalten wer-. Man solle daher die eine Zange fortlassen, und dafür alle lle möglichst sicher gegen die andre befestigen. Letzteres solle ls durch starke Nägel und theils durch Bolzen geschehn. Daen verlangt Woltman, dafs eine zweite Zange noch unter der en, also in der halben Höhe der Wand angebracht werde, dadie schwachen Hölzer nicht zu stark durchbiegen. Dieses ist h vielfach geschehn, und zwar gemeinhin liegt die zweite Zange as unter dem Watte. In diesem Falle pflegt man die Streben gröfserer Entfernung von einander anzubringen, ihr Abstand mifst it selten eine volle Ruthe.

Die Wand reicht an dem äufseren Ende meist nur bis zum eau des gewöhnlichen Hochwassers herauf, während sie an der rzel des Werkes oder neben dem Ufer sich oft 6 bis 8 Fufs über erhebt. Bei dieser grofsen Höhe pflegt eine sehr starke undung einzutreten, deren lautes Getöse beim Anschlagen jeder lle schon in weiter Entfernung hörbar ist. So erinnere ich mich, s ich bei einem Sturme das Schlagen der Wellen gegen die icken bei Hollenwettern meilenweit deutlich unterscheiden konnte. lem diese Wellen aber schon auf den ansteigenden Grund aufaufen sind und ihre Wassermasse daher eine starke fortschreide Bewegung angenommen hat, so wird bei ihrem Gegenstofsen die senkrechte Wand, diese selbst heftig erschüttert und zugleich r Boden neben ihr sehr angegriffen. Um nun zu verhindern, dafs h nicht eine so grofse Tiefe ausbilde, wobei die Pfähle der Wand d die Streben ausgespült werden könnten, so pflegt man zu beien Seiten und namentlich neben dem Kopfe des Werkes Senklaen oder Risbermen von Strauch anzubringen, die mit Steinen überkt sind.

Häufig wird die Construction in sofern noch etwas vereinf
dafs man die Streben über die Wand übergreifen läfst, wie Fig
zeigt, und sie hier unmittelbar unter sich verbindet. Diese An
nung möchte sich indessen kaum empfehlen, weil dabei die St
nicht mit der Wand in Zusammenhang gesetzt werden und
von den in der Richtung des Werkes auflaufenden Wellen
hin und her bewegt werden können. Wichtig ist es dagegen,
Kopf noch durch mehrere schräge davor gerammte Pfähle zu sich
oder einen Duc d'Albe davor zu stellen.

Im Allgemeinen haben die so eben beschriebenen Stacke
Erwartungen nicht entsprochen und namentlich ist dieses nicht
schehn, wenn man sie in der Absicht erbaute, dafs sie eine E
hung des Wattes veranlassen sollten. Die grofse Tiefe, die
neben ihnen bildet, verhindert die Ablagerung erdiger Theile
und wenn auch die Risbermen den Untergrund sichern, so kön
sie dennoch nicht den Niederschlag erhalten, der bei ruhiger
terung sich vielleicht darüber ablagert. Auch diese Risbermen
sind einem starken Angriffe ausgesetzt und bedürfen daher häu
Ausbesserungen oder der vollständigen Erneuerung, und wenn
den Untergrund nicht schützen, oder dieser bis zu grofser T
ausgewaschen wird, so verlieren auch die angrenzenden Theile
Baues ihre Unterstützung und die Wand mit der Verstrebung
sich und wird ausgehoben. Oft geschieht dieses, während das
sich noch in gesundem Zustande befindet. Die Ausbesserung
theilweise Wiederherstellung der Wand ist aber sehr schwierig,
man dabei die Verbindung mit den Zangen und Streben jede
lösen mufs. Diese Umstände sind wohl Veranlassung gewesen,
man von dieser Constructions-Art in neuerer Zeit abgegangen
und dafür den Packwerksbau mit Steinbedeckung ziemlich a
mein eingeführt hat. Wenigstens ist dieses an der untern Elb
Holsteinschen geschehn.

Das Ufer des Hamburger Amtes Ritzebüttel bildet im A
meinen eine starke Concave, und der Strom, der durch die ge
überliegenden Untiefen sehr beengt wird, zieht sich vorzugsw
neben ihm hin. Es konnte nicht fehlen, dafs er dasselbe heftig
griff. Zwei oder drei feste Punkte, die seine weitere Annähe
verhinderten, existirten bereits. Dieses waren die Kugelbaak
der nördlichen Ecke der eingedeichten Niederung, und demn

Mündung des Hafens Cuxhaven, neben der sich schon das Oster-
n befand. Von der Hafenmündung bis zur Hannoverschen Grenze
trägt die Entfernung nahe eine Deutsche Meile, und um von die-
se Strecke, die dem Angriffe besonders ausgesetzt war, den Strom
zu entfernen, wurde etwa in der Mitte derselben im Jahre 1793 ein
sehr langes Stack erbaut, welches das Grodener Stack genannt wird,
weil es dem Dorfe Groden gegenüber liegt. Seine Länge mafs
Hamburger oder 593 Rheinländische Fuſs. Es bestand ursprüng-
lich aus einer dichten Pfahlwand, indem beschlagene Hölzer neben
einander eingerammt waren. Sie erhoben sich am Ufer bis zur
Höhe des gewöhnlichen Hochwassers, an der Wurzel des Werkes
blieben sie dagegen 6 Fuſs darunter. Zu beiden Seiten waren Stein-
deckungen angebracht. Um den Kopf gehörig zu sichern, wurde
noch mittelst Senkstücken in der Verlängerung dieses Baues eine
Strauchbettung von 200 Fuſs Länge ausgeführt, die am Ende 108
Fuſs breit und mit Steinen bedeckt war. Letztere erreichte die be-
deutende Tiefe von 30 bis 35 Fuſs.

Das Werk wurde indessen in kurzer Zeit sehr angegriffen und
namentlich bildete sich ohnfern des Kopfes auf der westlichen Seite
eine bedeutende Tiefe daneben. Um diese zu durchbauen, versenkte
man hier im Jahre 1805 zwei grofse Schiffe, so wie auch gleich-
zeitig das Osterhörn in derselben Art gesichert wurde. Auſserdem
erfolgte damals eine wesentliche Verstärkung jenes Stackes noch
dadurch, dafs man eine zweite verholmte Pfahlwand im lichten Ab-
stande von 10 Fuſs neben die erste einrammte, beide mittelst Zan-
genverband, und den innern Raum mit schweren Steinen ausfüllte.

Seit dieser Zeit scheint das Werk ohne Besorgniſs zu erregen,
sich gehalten zu haben, bis die tiefe Stromrinne sich demselben
nach und nach immer mehr näherte. Die Steinschüttungen vor dem
Kopfe wurden auch noch später fortgesetzt, und es scheint, dafs
derselbe durch diese hinreichend gesichert ist, wiewohl die Tiefe
unmittelbar davor sogar bis auf 100 Fuſs zunahm. Vor wenigen
Jahren traten indessen wieder Versackungen und zwar diesesmal
an beiden Seiten des Werkes ein, an der westlichen Seite ohn-
fern des Kopfes, also an derselben Stelle, wo vor 50 Jahren die
Schiffe versenkt waren, und eben so auch an der östlichen Seite
ohnfern der Wurzel. Letzteres geschah wahrscheinlich in Folge
sehr heftiger Widerströme, die dieser weit vortretende Einbau ver-

anlafste. Um denselben zu erhalten, hat man an beiden Seiten eine Anzahl kleinerer Einbaue oder Buhnen an ihn angeschlossen, die normal vom Hauptwerke ausgehn, oder parallel zum Ufer liegen. Dieselben sind jedoch in weit geringerer Höhe gehalten, und erheben sich nur wenig über das Watt.

Die erwähnte grofse Annäherung des tiefen Stromschlauches wurde indessen abgesehn von den Beschädigungen dieses Stackes auch für das Ufer selbst höchst bedenklich, und man sah sich daher gezwungen, dasselbe noch durch mehrere andre Einbaue zu schützen, die jedoch kürzer waren, als der beschriebene, und nur etwa 200 Fufs vor das Ufer vortraten. Die sehr bedeutenden Mehrkosten, welche eine gröfsere Länge veranlafst haben würde, machten diese Abweichung nothwendig, doch nahm man darauf Rücksicht, dafs die Köpfe der neuen Werke eine angemefsne Streichlinie bildeten. Bei der Ausführung wurde von der Anwendung dichter Pfahlwände und von Holzkisten ganz abgesehn, und dafür Strauch-Constructionen mit Steinbedeckung gewählt.

§ 23.

Einbaue vor dem Strande.

Bisher ist vorzugsweise von solchen Einbauen die Rede gewesen, die nur die Sicherung der dahinter belegenen Ufer bezwecken, und wenn man bei ihrer Anlage auch vielleicht jedesmal einige Erhöhung des Wattes oder des Strandes in Aussicht nahm, so liefs sich doch nicht eine bedeutende Alluvion von ihnen erwarten, wodurch das Ufer weit herausgerückt worden wäre. Eine solche Wirkung können die Einbaue, eben so wie die Buhnen an oberländischen Strömen nur haben, wenn eine kräftige Strömung grofse Sand- oder Kiesmassen an ihren Köpfen vorbeitreibt. Dieses geschieht zuweilen an Meeresküsten, und häufiger an den Ufern der untern Stromtheile, in welche die Fluth stark einläuft. Die bewegten Kiesmassen sind hier nicht selten sehr grofs und es ist alsdann so leicht, sie aufzufangen und sicher abzulagern, dafs man solche Anlagen nicht allein zur Gewinnung von Land, vielmehr oft nur deshalb ausführt, um diese Kiesmassen zu beseitigen, und zu ver-

indern, dafs sie nicht etwa in Hafenmündungen treten, oder an
adern Stellen sich anhäufen, wo sie der Schiffahrt besonders nach-
eilig sein würden.

Wenn man am nördlichen Ufer der Seine vom Hâvre nach dem
ap de la Héve geht, so sieht man eine Anzahl solcher Werke, die
a ihrer Construction gewöhnlichen Bohlwerken gleichen. Die Pfähle
tehn etwa 4 Fufs aus einander, sind verholmt, und an der westli-
hen, oder der Seeseite mit Bohlen verkleidet, grofsentheils kann
nan auch bemerken, dafs sie auf derselben Seite mit Erdankern
ersehn sind. Sie befinden sich jedoch sämmtlich in sehr schlech-
em Zustande und es scheint, dafs man gegenwärtig auf ihre Un-
erhaltung oder Erneuerung keine Sorgfalt verwendet. Nichts desto
weniger haben sie ihren Zweck sehr vollständig erfüllt, denn an der
westlichen Seite hat sich jedesmal eine Kiesablagerung gebildet, die
bis zum Holme heraufreicht, während auf der andern Seite die Ab-
lagerung um 2 oder 3 Fufs niedriger ist. Diese Werke liegen sehr
unregelmäfsig, doch mögen Theile derselben vielleicht zerstört sein,
so dafs dieses der Grund ist, weshalb ihre Köpfe keine regelmäfsige
Streichlinie bilden. Ihre Länge beträgt durchschnittlich etwa 50 Fufs.
Die Ablagerungen, die ohne Zweifel vom Fluthstrome herrühren,
zeigen in der Oberfläche nur den rein ausgewaschenen Kies, also
die Feuersteine, die aus den abbrechenden Kalkufern sich gelöst
haben. Unter denselben liegen jedoch grofse Massen Sandes.

Auch an offenen Meeresküsten und namentlich an den Ufern
des Canales hat man sowol auf der Französischen, wie auf der Eng-
lischen Seite dasselbe Mittel wiederholentlich zur Sicherung der Ha-
fen-Mündungen angewendet. Als im Jahre 1837 die Verbesserung
des Hafens von Dieppe zur Sprache kam, führte man auf dessen
westlicher Seite, also zwischen den Bädern und dem Hafendamme,
fünf solcher Einbaue aus, die den mit dem Fluthstrome antreiben-
den Kies vor dem Hafen auffangen sollten. Diese Werke (épis)
sind in ähnlicher Weise, wie die so eben beschriebenen construirt,
doch werden sie sehr sorgfältig unterhalten. Ihre Länge mifst etwa
200 Fufs, und ihr gegenseitiger Abstand das Doppelte dieser Länge.
Sie greifen mit ihren Wurzeln in das höhere Ufer ein, so dafs sie
nicht hinterströmt werden können, und ihre Köpfe erreichen nicht
die Grenze des niedrigen Wassers, sondern bleiben gegen diese noch
etwa 100 Fufs zurück. Diese Köpfe erheben sich einige Fufs über

5*

den Strand, und der Holm steigt mit schwacher Neigung gegen das Ufer an. Ihre Construction betreffend, ist zu erwähnen, dafs die Pfähle aus beschlagenem Balkenholze bestehn und in Abständen von 6 Fufs eingerammt sind. Der Holm, der 15 Zoll stark ist, tritt auf beiden Seiten über die Pfähle so weit vor, dafs er mit den aufgenagelten Bohlen bündig ist. Ueber jedem Pfahle ist ein starker Bügel um den Holm gelegt, der bis zur dritten Bohle herabreicht, und durch zwei durchgehende Schraubenbolzen befestigt ist. Die Bekleidung mit Bohlen ist auf beiden Seiten angebracht. Eine Verankerung findet nicht statt. Sehr auffallend war es mir, zu bemerken, dafs der Kies sich viel stärker an der östlichen, als an der westlichen Seite jedes Werkes abgelagert hatte, doch war dieses vielleicht durch vorhergehende starke westliche Stürme veranlafst, die den Kies wieder in Bewegung gesetzt hatten. Nach den in § 12 mitgetheilten Thatsachen erscheint es zweifelhaft, ob diese Einbaue wirklich zum Nutzen des Hafens gereichen werden, da sie ohnfehlbar, wenn sie ihren Zweck erfüllen, den Strand herausrücken, also zur Abflachung und vollständigen Schliefsung der kleinen Bucht unmittelbar vor dem Hafenkopfe beitragen werden. Ist dieses aber einst geschehn, so treibt der Kies an ihnen vorbei in die Hafenmündung, die nunmehr gar nicht vor das Ufer vortritt. Vortheilhafter wäre es gewesen, die Bucht hier möglichst zu erhalten und den antreibenden Kies schon in weiterer Entfernung aufzufangen.

Bei Dover hat man in früherer Zeit auf gleiche Art den Kies von dem Hafen abzuhalten gesucht. Auf der Westseite der Stadt tritt das Kreide-Gebirge unmittelbar an das Meer, während es ostwärts erst bei South-Foreland wieder in gleicher Weise vorspringt. Es bildet sich daher hier eine flache Bucht, in welcher der Hafen mit der Stadt liegt, und die Mündung des Hafens befand sich am Ende des vorigen Jahrhunderts nicht auf einer vortretenden Uferecke, vielmehr trat sie gegen die Richtung des westlichen Ufers noch merklich zurück. Hiernach konnte es nicht fehlen, dafs die grofsen Massen Feuersteine, welche bei dem oft wiederholten Abbruche des Ufers herabfielen, und durch die Fluth in östlicher Richtung getrieben wurden, sich vorzugsweise vor der Mündung des Hafens ablagerten. Man hatte indessen bemerkt, dafs so oft ein starker Absturz des nächsten Ufers erfolgt war, die Kiesmasse, die

rer trieb, sich wesentlich verminderte. Smeaton*) beob-
wei Fälle dieser Art. Die herabfallende Kreide nebst dem
haltenen Feuersteine bildete eine Schüttung, die weit vor
trat, und sie wirkte sogleich wie ein künstlicher Einbau,
r von der westlichen Seite herbeigeführte Kies davor sich
, also zunächst zurückgehalten wurde, und nicht bis vor
eiben konnte. Die Verhältnisse änderten sich jedoch sehr
nn die von den Wellen hin- und hergetriebenen Kreide-
schliffen sich sehr schnell ab, zerbrachen und verschwan-
urzer Zeit, indem sie sich in feine Theilchen auflösten und
Vasser schwebend in die Tiefe versanken. Einzelne festere
er Kreide folgten noch einige Zeit dem Küstenstrome und
gen ihres geringen specifischen Gewichtes sogar viel schnel-
lie Feuerstein-Knollen. So geschah es, dafs jener natür-
ibau sehr bald verschwand, und nunmehr wurde der von
her neu antreibende Kies nicht weiter aufgehalten, über-
lor auch der bereits aufgefangene Kies seine Stütze und
eichfalls von den Wellen in Bewegung gesetzt und weiter
. Für die Hafenmündung trat also nur vorübergehend eine
rung ein, und die Verflachungen stellten sich in Kurzem
in und zwar in gröfserem Maafse, so dafs wirklich die
ies-Masse endlich dahin gelangte. Etwas günstiger mufste
ältnifs sich gestalten, wenn jene natürliche Schüttung durch
liden künstlichen Einbau ersetzt wurde, der dauernd sich
und sonach die davor abgelagerte Masse nicht wieder ein
r Wellen werden konnte. Smeaton sagt, man hätte sogar
durch solchen Bau dem Hinzutreiben des Kieses für immer
nze zu setzen. Diese Ansicht war Veranlassung gewesen,
n im Abstande von etwa 200 Fufs auf der Westseite des
einen grofsen, massiven Einbau (Cheeseman's head) aus-
Der Erfolg war indessen kein andrer, als sich wohl vor-
liefs. Obwohl der Bau gegen 300 Fufs vor das Ufer vor-
war der Raum davor doch bald mit Kies angefüllt und letz-
b nunmehr ungehindert wieder vorbei und lagerte sich so-
stärker als früher vor die Hafenmündung, weil diese jetzt
nter die Uferlinie zurücktrat, und sonach mehr gegen Strom

---

ports of the late John Smeaton. London 1837. Vol. II. pag. 282.

und Wellenschlag geschützt wurde. Unter diesen Umständen wurde im Jahre 1769 Smeaton zu Rathe gezogen. Derselbe sprach sich sehr entschieden gegen die weitere Verlängerung jenes Einbaues, so wie auch gegen die Anlage andrer ähnlicher Werke aus, indem er nachwies, dafs sie nur vorübergehend von Erfolg sein könnten, dafs sie aber in der Anlage kostbarer wären, als die künstliche Beseitigung des Kieses vor der Hafenmündung, soweit derselbe die Schiffahrt behinderte. Er fügte hinzu, dafs solche Werke nur in dem Falle von dauerndem Nutzen sein könnten, wenn man sie in jedem Jahre soweit verlängert, als die Ablagerung neben ihnen sich ausbildet. Dagegen empfahl Smeaton, den südlichen oder westlichen Hafendamm weiter hinauszuführen, damit dieser nicht so weit gegen die Uferlinie zurückbleibe. Aufserdem wurden Spülvorrichtungen empfohlen und diese Vorschläge wurden auch ausgeführt.

Wenn die Angemessenheit dieser Vorschläge sich auch durch den Erfolg bestätigte, so konnte das Uebel doch keineswegs hierdurch allein gehoben werden, vielmehr bestand es noch dauernd und seine Beseitigung stellte sich immer um so dringender heraus, je mehr der Verkehr im Hafen zunahm. Aus diesem Grunde ist man später wieder auf die Einbaue, jedoch in viel einfacherer Construction zurückgekommen, und es sind zwischen dem erwähnten Cheeseman's head und dem Archcliff Fort etwa zwölf solche erbaut worden, die jedoch zugleich den Zweck haben, das Ufer, auf dem die Eisenbahnstation sich befindet, vor dem unmittelbaren Angriffe der Wellen zu sichern.

In neuester Zeit ist ein sehr grofsartiges Werk, nämlich ein Pier oder Hafendamm zur Ausführung 'gebracht, der sich an den Kopf des Cheeseman's head anschliefst und nahe in südlicher Richtung weit in die See tritt. Bevor man sich zu seiner Erbauung entschlofs, entstand wieder die Frage, ob derselbe, wenn er auch über 1000 Fufs herausgeführt und soweit verlängert würde, dafs bei kleinstem Wasser vor ihm die Tiefe noch 40 Fufs beträgt, den antreibenden Kies für beständig auffangen würde. Man glaubte sich in dieser Beziehung gesichert, insofern in der angegebenen Tiefe die Wellenbewegung beinahe ganz aufhört, also auch das Treiben des Kieses nicht mehr zu besorgen ist. Wenn indessen nicht etwa durch vollständige Sicherung der Küste weitere Abbrüche derselben verhindert, und hierdurch der Bewegung des Kieses eine Grenze

[illegible] wird, so wird solcher fortwährend gegen diesen neuen Pier [illegible], und er muſs endlich, indem er davor liegen bleibt, sei-[illegible] Kopf erreichen. Seine Bewegung wird freilich nur in mäſsiger [illegible] oder in der Nähe des Wasserspiegels erfolgen, sobald er sich [illegible] an einer Stelle stark anhäuft, vor der eine sehr groſse Tiefe [illegible] befindet, so stürzt er ohnfehlbar in diese herab, und auf solche [illegible] verschwindet nach und nach jene Tiefe, welche die Bewegung [illegible]möglich machen soll. Nichts desto weniger dürfte wohl eine lange [illegible] von Jahren vergehn, bevor die Bucht hinter diesem Damme [illegible] die Hafen-Mündung wieder bedroht wird.

Endlich muſs noch des auf der Ostseite von Dover ausgeführ-[illegible] Einbaues (Castle Jetty) erwähnt werden, insofern die Wirksam-[illegible] desselben in der überraschendsten Weise sich darstellt. Dieses [illegible]erk, das wieder massiv ist, hat im Ganzen eine sehr bedeutende [illegible], doch läſst sich diese nicht mehr sicher schätzen, da es un-[illegible] dem Kiese groſsentheils schon vergraben liegt. Auf seiner west-[illegible] Seite tritt die Kiesablagerung um 300 bis 400 Fuſs vor die [illegible]lagerung auf der östlichen Seite vor, und erhebt sich zugleich [illegible] um 6 Fuſs über die letzte, so daſs sich in Folge dieser Anlage [illegible] der ganzen Stadt ein breites Kai aus demjenigen Kiese ge-[illegible]et hat, welcher der Hafenmündung vorbeigetrieben ist. Hinter [illegible] Werke bemerkt man den Kreideboden unregelmäſsig abgebro-[illegible] vor den höheren Ufern und nur mit einer sehr mäſsigen Ab-[illegible]rung überdeckt, während auf der westlichen Seite das Kiesfeld [illegible] in groſser Höhe über den Felsboden erhebt.

Etwa in der Mitte zwischen Dover und der Insel Wight be-[illegible] sich eine besonders stark vortretende Uferecke, Beachy-Head [illegible]nnt, neben Eastbourne und hier hat man eine groſse Anzahl Einbauen (groins) ausgeführt, um den ferneren Abbruch des [illegible]r bedrohten Kreideufers zu verhindern, indem diese [illegible] vorbeitreibenden Kies auffangen und dadurch einen hohen Strand [illegible]n, auf den die Wellen auflaufen, ohne die Kreide weiter zu [illegible]hren. Diese Anlage ist nicht nur wegen der dabei erreichten [illegible]stigen Erfolge wichtig, sondern vorzugsweise auch, weil sie mit [illegible]erlegung und methodisch angeordnet ist*). Auf dem geneigten [illegible]nde wird an derjenigen Stelle, die vom Hochwasser der todten

*) Civil engineer and Architect's Journal. 1837 — 1838. pag. 6.

Fluthen so eben noch erreicht wird, ein Pfahl eingerammt, dessen Kopf bis zum Hochwasser der Springfluthen heraufreicht. Demnächst rammt man ohnfern der äufsern Grenze des Strandes, oder soweit der Einbau ausgedehnt werden soll, einen Pfahl ein, dessen Kopf in der Höhe des gewöhnlichen niedrigen Wassers sich befindet. Zwischen diesen beiden Pfählen werden nun die übrigen eingetrieben, so dafs ihre Köpfe mit jenen in eine gerade Linie fallen. Um aber eine Hinterströmung des Werkes zu verhindern, so wird dasselbe noch rückwärts so weit fortgesetzt, bis es den Strand oder das Ufer in der Höhe der Springfluthen trifft. Die Pfahlköpfe dieser Fortsetzung fallen in den Horizont der Springfluthen. Die Werke erhalten bei der Beschaffenheit des dortigen Strandes nach dieser Anordnung die Längen von 200 bis 250 Fufs, ihr Abstand von einander ist nur etwa ihrer halben Länge gleich. Sie sind sämmtlich normal gegen das Ufer gerichtet, oder wenn dieses sehr unregelmäfsig abgebrochen sein sollte, gegen die Linie, welche den Zug des Ufers im Allgemeinen bezeichnet.

Die Pfähle sind 12 bis 25 Fufs lang und 6 bis 8 Zoll stark, und bestehn so wie die übrigen Verbandstücke aus Eichen- oder Buchenholz. Sie werden auf zwei Drittel ihrer Länge eingerammt, jedoch nicht in einer geraden Linie, sondern abwechselnd rechts und links versetzt, so dafs die Bohlenbekleidung dazwischen liegt. Ihr gegenseitiger Abstand mifst 4 Fufs von Mitte zu Mitte. Sie erhalten keine Holme, werden aber seitwärts und zwar auf der westlichen Seite verankert, damit sie dem stärksten Wellenschlage sicher widerstehn. Zu diesem Zwecke werden auf der östlichen Seite möglichst tief gegen die Pfähle die Zangen verlegt, und diese in gewöhnlicher Art an 20 Fufs lange Erdanker, die 12 Fufs von einander entfernt sind, angebolzt. Man hatte sonst an beiden Seiten Erdanker angebracht, doch litten dabei die Werke, weil die doppelten Anker nicht so fest angezogen werden konnten, um vollständig gespannt zu sein, und so verhinderte eines die Wirkung des andern.

Die Bohlen waren 2½ Zoll stark, und wurden zwischen die Pfähle eingeschoben und an jeden derselben mittelst eines starken Nagels befestigt. Es kam darauf an, die ersten Bohlen möglichst tief herabzuschieben. Jedenfalls mufsten sie bis unter die Kies- oder Sandablagerung reichen, sie durften auch nicht horizontal, sondern

weit es geschehn konnte, mufsten sie parallel zu den Pfahlköpfen liegen. Man machte sehr bald die Erfahrung, dafs wenn ein der Einbau sogleich in seiner ganzen Höhe mit der Bohlenwand bekleidet wurde, er nicht nur einem sehr starken Angriffe durch die Wellen ausgesetzt war, sondern dafs sich auch auf der Seite, von der die Wellen anliefen, eine tiefe Rinne neben dem Werke bildete, durch welche bald das Wasser abwechselnd hindurchströmte und die Pfähle löste. Um dieses zu verhindern, darf die Bohlenwand immer nur sehr wenig und höchstens 1 Fufs hoch über die jedesmalige Kiesablagerung sich erheben. Hierdurch wird einer merklichen Verschiedenheit des Druckes auf beiden Seiten vorgebeugt, die Wellen schlagen mit Leichtigkeit hinüber und der Kies, der sich davor ansammelt, wird nicht durch die abwärts gerichtete Bewegung des Wassers fortgetrieben. Sobald die Ablagerung nach und nach die Höhe zunimmt, so stellt man neue Bohlen darüber, bis das Werk endlich bis zu den Pfahlköpfen geschlossen ist. Die weitere Kiesablagerung hört alsdann auf, aber der Strand hat sich auch so erhöht, dafs das Ufer dahinter vollständig gesichert ist.

Um ein Beispiel von massiven Einbauen zu geben, mögen diejenigen beschrieben werden, die in den Jahren 1847 bis 1849 bei Sunderland ausgeführt wurden*). Das neue Dock war ausgegraben und die dabei gewonnene Erde war auf der Südseite am Ufer abgesetzt. Es kam darauf an, diese vor dem Fortspülen durch die Wellen zu sichern und das Uebertreten der See über den weit ausgedehnten flachen Strand zu verhindern. Zuerst wurden drei Werke erbaut, die etwa 350 Fufs lang waren. Ihr Kopf trat 2½ Fufs und die Wurzel 10 Fufs über gewöhnliches Hochwasser. Ihr Querprofil wird nicht speciell bezeichnet, es heifst nur, dafs ihre Anlage auf der Nordseite 2¼ Zoll, auf der Südseite dagegen 1 Fufs auf jeden Fufs Höhe hatte, und dafs die Krone einen Kreisbogen von 5½ Fufs Radius bildete. Sie bestanden im Aeufsern aus behauenen Steinen, im Innern dagegen aus Mauerwerk von Bruchsteinen. Den beabsichtigten Zweck erfüllten sie nicht, vielmehr wurden sie theilweise zerstört. Man ging daher zu einer andern Anordnung der Werke über. Es wurden noch vier Werke erbaut, die 510 bis 600 Fufs lang und durchschnittlich nur 400 Fufs von einander ent-

*) Civil engineer and Architect's Journal. 1849. Pag. 156.

fernt waren. Ihre Köpfe legte man auf 7 Fuſs, und ihre W
auf 10 Fuſs über gewöhnliches Hochwasser. Die Construction
dieselbe, wie früher, doch bildeten diesesmal groſse Steinblöcke,
man einige Fuſs tief unter der Oberfläche des Strandes
das Fundament. Die Querschnitte der Werke waren Cy
durch einen Kreis von 12 Fuſs 9 Zoll Durchmesser beschr
Diese überaus massenhaften Werke widerstanden nicht nur
Beschädigung dem heftigsten Wellenschlage, sondern sie ver
ten in kurzer Zeit auch die beabsichtigte Ausbildung des St
indem der schwere Kies in einem wasserfreien hohen Rücken
ablagerte.

Wenn in den erwähnten Fällen die starke Strömung der Fl
und Ebbe ohne Zweifel das Herbeitreiben des Kieses sehr be
dert, so erfolgen dennoch auch in der Ostsee, wo die Ström
viel schwächer ist, die Sandablagerungen in gleicher Weise. J
unserer Hafendämme ist, wenn auch zu ganz anderem Zwecke
baut, dennoch wesentlich nichts anderes, als ein solcher buhnen
tiger Einbau in die See, und jeder derselben wirkt auch wie
solcher. Es ist schon früher (§ 10) nachgewiesen, daſs längs
Pommerschen und Westpreuſsischen Küste die Strömung von
sten nach Osten, und vor dem Ostpreuſsischen Ufer nach No
gerichtet ist. Dieser Strömung entsprechen vollständig die S
Ablagerungen zur Seite der Häfen. Vor Swinemünde, Colbe
münde, Rügenwaldermünde und Stolpmünde tritt der Strand
der westlichen Seite bedeutend weiter vor, als auf der östli
während man doch annehmen muſs, daſs bei der Anlage dieser
fen der Strand sich gleichmäſsig ausgebildet hatte. Bei Stolpmü
wo der westwärts belegenen Küste jede Befestigung fehlt, kann
auch noch das weitere Vorrücken des Strandes an dieser Seit
Zwischenzeiten von 10 Jahren und selbst in kürzeren Perioden
deutlich bemerken. Bei Pillau giebt sich dieselbe Erscheinun
erkennen. Als vor vierzig Jahren mit dem Bau der südlichen
der Anfang gemacht wurde, so rückte die Verlandung auf der S
der Nehrung, die freilich immer künstlich befördert wurde, in
selben Maaſse vor, wie der Bau fortschritt, es bildete sich also
hier auf derjenigen Seite des Einbaues, die dem Küstenstrom
gekehrt war, eine weit ausgedehnte Sandfläche.

Man hat in neuerer Zeit auch an der Ostsee angefangen,

besonders bedrohte und dem Abbruche ausgesetzte Ufer durch
e zu schützen. Dieses geschah schon etwa vor 20 Jahren
r kleinen Insel Ruden, die den Greifswalder Bodden auf der
begrenzt und durch ein tiefes Fahrwasser getrennt, die Fort-
des nordöstlichen Ufers der Insel Usedom bildet. Der Ru-
llt sich als eine schmale Düne dar, die rings von Wasser
n ist. Die darauf eingerichtete Lootsen-Station gab vorzugs-
'eranlassung, für ihre Erhaltung zu sorgen, da sowol auf
-, wie auf der Westseite und vorzugsweise auf der Nord-
r Strand, und mit demselben auch die Düne stark abbrach.
hier ausgeführten Werke sind sehr einfach construirt.
l von verschiedener Länge nach der Gestaltung des Ufers,
ten ihre Köpfe keineswegs in eine vorher bestimmte Streich-
elmehr sind sie jedesmal bis zu einer gewissen Wassertiefe,
von etwa 3 Fufs, herausgeführt. Ihre Wurzeln liegen am
r Düne etwa 2 Fufs über dem höchsten Wasser, oder 6 Fufs
n mittleren. Die Längen wechseln hiernach zwischen 4 und
n. Der gegenseitige Abstand mifst etwa 5 Ruthen.
es Werk ist in der Wurzel 5 Fufs und am Kopfe 7 Fufs
tzterer liegt wenig über dem mittleren Wasserstande. Fig. 72
e Construction. Die Umschliefsung bilden Reihen von Pfähl-
ren jeder 6 Fufs lang und 4 Zoll stark ist. Sie werden in
tigem Abstande von 1 Fufs mindestens 3 Fufs in den Sand
ben, und neben den Köpfen werden noch die einander ge-
stehenden Pfähle durch Flechtruthen verbunden oder unter
ankert. Demnächst werden die Pfahlreihen mit stärkeren
-Zweigen umflochten, so dafs sie sich in Flechtzäune ver-
, und endlich füllt man den Zwischenraum etwa 1 Fufs hoch
Abfalle von dem Kiefernstrauche und mit Wachholder aus.
r liegt die 2 Fufs hohe Steinpackung, die grofsentheils aus
Geschiebe besteht.
dieser sehr leichten Construction, deren Wahl nur darauf
, dafs die erforderlichen Baumaterialien mit den geringsten
beschafft und in der einfachsten Weise verbunden werden
konnten vielfache Beschädigungen nicht ausbleiben. Na-
werden die Köpfe bei starkem Wellenschlage leicht zer-
nd vorzugsweise erfolgt dieses, indem an derjenigen Seite
rkes, die vom Winde abgekehrt, also von den Wellen nicht

getroffen wird, eine so tiefe Rinne sich ausbildet, dafs die stehenden Pfähle ausgespült werden. Die Erscheinung ist maafsen derjenigen analog, die sich bei gewöhnlichen B wiederholt. Das Wasser der Welle, die schräge in ein hineinläuft, strömt vorzugsweise zur Seite der vorderen B der zurück, und nimmt den hier befindlichen Sand mit s rend an derjenigen Seite, die unmittelbar von der Welle wird, die Sandablagerungen sich sehr auffällig bilden. Ni weniger sind die Wirkungen dieser Werke doch überau gewesen, und vielfach hat sich auf der östlichen oder der und noch mehr auf der westlichen oder am Bodden ein b sanft ansteigender Strand vor der Düne gebildet. Auch l eine flachere Dossirung angenommen, so dafs die Gefahr teren Abbrüchen vollständig beseitigt ist. Die starken Sa rungen erklären sich hier vorzugsweise wohl dadurch, d dehnte Sandbänke die Insel (mit Ausnahme ihrer südlich rings umgeben.

Weniger auffallend war der Erfolg einer andern ähn lage, die in geringer Entfernung von dieser ersten ausgefü die jedoch in sofern weit ungünstiger situirt ist, als di Tiefe viel näher liegt. Das Ufer der Insel Usedom ist len Länge flach convex geformt, und der am meisten i vortretende Punkt desselben besteht aus festem Thon, woh dem Angriffe der Wellen vorzugsweise Widerstand leiste desto weniger wurde er dennoch abgebrochen und es sta sorgen, dafs mit ihm zugleich das ganze bisher geschützt rückweichen würde. Die Sicherung dieses Punktes wurde in andrer Beziehung, nämlich im Schiffahrts-Interesse, erachtet. Es befindet sich nämlich hier zugleich die höc der ganzen Umgegend, und darauf steht eine weit sichtb oder Landmarke, die Baake auf dem Streckelberge ge nicht eingehn durfte. Der Abbruch hatte sich diesem t chen Bau schon sehr genähert, und da das Terrain land stark senkt, so würde das Signal, wenn es zurückgeste viel tiefer stehen und zugleich von der Waldung daneben verdeckt werden.

Im Jahre 1858 wurde daher ein Deckwerk von Länge und 1½ Ruthen Breite aus schweren Granitgeschieb

fert. Die Höhenlage bestimmte sich nach der damaligen Beschaffheit des Strandes, der so hoch war, dafs er unter gewöhnlichen [illegible]-Verhältnissen einen bequemen Fahrweg bildete. Der [illegible] des Deckwerkes lag etwa 1 Fufs über dem gewöhnlichen Was[illegible], und lehnte sich 5 Fufs darüber an die natürliche Böschung des [illegible]ufers an. Es stützte sich seewärts gegen eine starke Pfahl[illegible], in der die freien Zwischenräume nur wenige Zolle mafsen, [illegible] an beiden Seiten waren solche Pfahlwände ausgeführt. Die [illegible]lage bildete eine Strauchpackung, die mit kleinen Steinen be[illegible] war, und darüber befand sich die möglichst regelmäfsig ver[illegible]te Lage gröfserer Geschiebe, von denen jeder einzelne Block we[illegible]stens einige Cubikfufs enthielt. Diese Steine fanden sich meist [illegible] der Baustelle selbst vor. Sie waren beim Abbruche des Ufers [illegible]bgestürzt und lagen zerstreut auf dem Strande oder vor dem[illegible] auf flachem Wasser in der See.

Gleich im ersten Winter zeigte es sich, dafs diese Art der Be[illegible]gung nicht genügte. Die Sandablagerung vor dem Deckwerke [illegible] angegriffen und fortgespült, so dafs bei gewöhnlichem Was[illegible]stande die Tiefe unmittelbar daneben etwa 2 Fufs betrug. In [illegible] Steindecke selbst waren unregelmäfsige Versackungen eingetre[illegible], wenn diese aber auch eine Ausbesserung erforderten, so be[illegible]ten sie doch keineswegs den ganzen Bau. Viel bedenklicher [illegible] es dagegen, dafs die aufschlagenden Wellen das natürliche Ufer [illegible]nter sehr stark angriffen und eine vollständige tiefe Rinne bil[illegible]n, in der das übergeworfene Wasser an beiden Seiten hinter [illegible] Werke abflofs. Diese Rinne schlofs sich zwar vorübergehend [illegible] neue Abstürzungen von dem hohen Ufer, nichts desto weni[illegible] war es nothwendig, diesen Zerstörungen Einhalt zu thun. Es [illegible]den deshalb von dem Deckwerke aus fünf Anschlüsse, aus [illegible]packungen zwischen Pfählen bestehend, gegen das Ufer geführt [illegible] an dieses noch etwas heraufgezogen. Wenn dabei Anfangs in [illegible] des weitern Abbruches des Ufers auch wieder Ergänzungen [illegible] Verlängerungen nothwendig wurden, so trat dennoch nach we[illegible]gen Jahren ein Stillstand ein und in dem Winter von 1861 auf [illegible]62 erfolgte keine weitere Ausspülung.

Besonders kam es darauf an, die fernere Annäherung der Tiefe [illegible] jenes Deckwerk zu verhindern, und gleichzeitig auch die ansto[illegible]ßenden Uferstrecken, die des Schutzes noch entbehrten, zu sichern.

Zu diesem Zwecke erschien es am angemessensten, zur Ausfü[illegible] von Einbauen überzugehn, die normal gegen das Ufer in [illegible] traten und sich jedesmal rückwärts an das Deckwerk, oder [illegible] Ufer anschliefsen. Hiermit wurde 1859 der Anfang gemacht, [illegible] während vier Jahren wurde damit fortgefahren. Es zeigte sich [illegible] dafs dieses Ufer einem viel stärkeren Angriffe ausgesetzt sei, [illegible] der Ruden, es mufsten daher die Steine, wie die Pfähle [illegible] Dimensionen erhalten, und letztere zugleich tiefer eingerammt [illegible] den, um nicht von den Wellen ausgespült und gelöst zu werden.

Im Allgemeinen wurde die Construction beibehalten, [illegible] Ruden gewählt war, für diejenigen Werke aber, die vor der [illegible] springenden Ecke liegen, wurden Pfähle von 8 Fufs Länge [illegible] 8 Zoll Stärke angewendet. Für die seitwärts belegenen Ein[illegible] genügten dagegen Pfähle von 6 Fufs Länge und 6 Zoll Stärke. [illegible] Einen wie die Andren sind von Mitte zu Mitte im Abstande [illegible] 1 Fufs eingerammt. Die Köpfe der Werke erreichen im äufser[illegible] Falle nur die Tiefe von 3 Fufs unter dem mittleren Wassers[illegible] und indem die Pfähle hier noch 1 Fufs darüber vortreten, so [illegible] sie mindestens mit der Hälfte ihrer Länge im Sande. Weiter [illegible] wärts steigen die Pfahlreihen an, so dafs sie an der Stelle, wo [illegible] auf den Strand treten, etwa 4 Fufs über den mittleren Wasser[illegible] reichen.

Ein Ausflechten der Pfähle konnte bei ihrer Stärke nicht [illegible] finden. es mufsten daher zur Auspackung so grofse Steine gew[illegible] werden, dafs die Zwischenräume das Hindurchfallen derselben [illegible] hinderten. Dieses war auch schon deshalb nothwendig, weil [illegible] Steine sonst bei dem heftigen Wellenschlage zu leicht über die Pf[illegible] köpfe herausgeworfen wären. Indem nun die Packung jede[illegible] niedriger bleibt. als die umgebende Pfahlwand, so liegen die o[illegible] Steine um so sicherer, je weniger Breite das Werk hat. Auch [illegible] andrer Beziehung war eine grofse Breite entbehrlich. Die star[illegible] Pfahlwände gaben dem Bau schon solche Festigkeit, dafs es [illegible] Vermehrung seiner Masse nicht bedurfte. wodurch die Kosten [illegible] gen der hohen Preise der Steine sich sehr vergröfsert haben w[illegible] den. Hiernach wurde die Breite der Werke auf 3 Fufs beschrän[illegible]

Nachdem die Pfähle eingerammt waren. wurde der innere Raum bis etwa 1 Fufs über Wasser mit Strauch ausgepackt, auch da, [illegible] das Werk auf den Strand traf, bildete man eine starke Unterla[illegible]

n Strauch. Hierauf wurden die Steinblöcke, die mindestens 1 Cu-
fufs mafsen, in der durchschnittlichen Stärke von 1½ Fufs aufge-
acht. Die Strauchunterlage drückte sich dabei so sehr zusammen,
s die Steine jedesmal bis unter die Pfahlköpfe herabsanken.

Durch diese Werke ist nunmehr eine Uferstrecke von 300 Ru-
n Länge, nämlich 100 Ruthen auf der nordwestlichen, und 200
then auf der südöstlichen Seite des Streckelberges gesichert. Die
zahl der Einbaue beträgt 76, sie liegen daher durchschnittlich
Ruthen von einander entfernt. Dieser Abstand ist indessen nicht
erall derselbe, vielmehr ist er an denjenigen Stellen, wo der An-
ff am stärksten ist, bedeutend kleiner. So mifst er er vor dem
reckelberg selbst nur 3½ Ruthen. Auch die Länge der einzelnen
rke ist sehr verschieden. Am gröfsten stellt sich diese zu bei-
n Seiten jenes Deckwerkes heraus, wo die Einbaue bis 14 Ru-
n lang sind. Vor das Deckwerk treten sie 9 Ruthen weit vor.
re Köpfe liegen in einer regelmäfsig gekrümmten Linie, die an
iden Enden an den Strand sich anschliefst, wo die Werke nur
ra 6 Ruthen lang sind.

Diese Anlage hat insofern ihren Zweck vollständig erfüllt, als
die Annäherung der Tiefe verhindert hat, wie sich dieses aus
n in jedem Jahre an bestimmten Stellen ausgeführten Profilmes-
ngen unzweifelhaft ergiebt. Auch waren in dem Winter 1861 auf
62 die Beschädigungen an den Werken selbst, wie an den Ufern
r sehr unbedeutend. Die Ablagerung des Sandes, oder die Er-
hung und weitere Herausrückung des Strandes erfolgte jedoch
ch nicht, oder wenn sie nach gewissen Winden eingetreten war,
verschwand sie wieder bei andern. Diese Erfahrungen beziehn
ch indessen nur auf die Zeit bis zur Beendigung der mittleren
erke in ihrer vollen Länge, hoffentlich wird diese Verlängerung
ch in Bezug auf die Sandablagerung ein günstigeres Resultat ver-
lassen. Die Versuche, die verschiedentlich gemacht wurden, um
n zeitweise aufgefangenen Sand durch leichte Zäunungen oder
urch Bepflanzung mit Strandhafer festzuhalten, erwiesen sich ganz
erfolglos. Gewifs wäre sehr zu wünschen, dafs man auch hier, wie
auf dem Ruden, einen breiten und hohen Strand gewinnen könnte,
um durch diesen die wichtige Uferecke ganz sicher zu stellen. Sollte
dieses indessen auch nicht glücken, so würde die Anlage doch den
wichtigen Erfolg haben, dafs man mit mäfsigen Unterhaltungskosten

diese Ecke dem weitern Abbruche entzieht, und indem ı
wird, auch die anstofsenden Ufer durch einfachen Dünen
kann. Es war der erste Versuch an der Preufsischen O
um eine vortretende Uferecke gegen ferneren Abbruch ı

Es dürfte hier der passendste Ort sein, einer An
wähnen, die, wenn sie auch nicht den Schutz eines dah
den Ufers bezweckt, doch in sofern den Einbauen glei
frei im Wasser liegt, und die Ablagerung des Sande
soll. Verfolgt man in nördlicher Richtung das Ufer von
so gelangt man in der Entfernung von etwa 2 Meilen ı
dung einer Kette von Seen, die neben dem Strande der
bis ins Mecklenburgische fortsetzt. Die erwähnte Münd
Versandung in hohem Maafse ausgesetzt, indem sie an
seite nicht durch festes Land, sondern durch eine Sa
Bock genannt, begrenzt wird, von der nur wenige Stell
mittleren Wasserstand der See vorragen, über welche ı
heren Wasserständen die See mehrere Fufs hoch tritt ı
tigem Wellenschlage grofse Sandmassen löst und in d
Fahrwasser treibt. Diese Sandbank, die sich von der
bis zur Insel Hiddens-Oe erstreckt, ist beinahe eine De
lang und ungefähr halb so breit.

Es kam darauf an, eine höhere rückenförmig
rung des Sandes hier zu veranlassen, die man später
gräsern bepflanzen und zu einer vollständigen Düne umbi
Jedenfalls stand es fest, dafs keine hohen und festen
ausgeführt werden durften, weil solche theils selbst de
zu sehr ausgesetzt sein würden, theils aber auch neb
tiefungen erzeugen müfsten. Hiernach wurden leichte
von 2 Fufs Höhe versucht. Obwohl dieselben möglich
tig gehalten werden sollten, so schlossen sich dennoch
dem Wasser die in ihnen befindlichen Oeffnungen du
zutreibenden Seetang, und nachdem dieses geschehn,
Zäunungen vielfach von den Wellen unterspült und
Nichts desto weniger hatten sich doch stellenweise da
liche Sandablagerungen bald gebildet, auf denen
schon einige Vegetation einfand, die man früher hier
genommen hatte. Diese Vegetation aus See-Binsen (S
timus) bestehend, beförderte augenscheinlich die weitere

des Sandes in höherem Maafse, als jene Zäunungen. Der Versuch war also stellenweise geglückt, und es kam darauf an, die Construction der Zäune so abzuändern, dafs sie den darüber gehenden Wellen möglichst geringen Widerstand entgegensetzen. Dieses dürfte dadurch zu erreichen sein, dafs man theils die Flechtruthen noch weiter von einander entfernt hält, theils aber auch die Höhe der Zäunungen etwa auf die Hälfte oder noch mehr vermindert. Es ist hier vorgeschlagen, die Zaunpfähle zunächst nur etwa 8 Zoll hoch, und in einer Horizontal-Ebene abschliefsend, auszuflechten, und wenn bis zu dieser Höhe die Ablagerung erfolgt ist, die Flechtruthen wieder 8 Zoll höher aufzubringen.

§. 24.
Uferschutz bei Petten.

Endlich wäre noch einer Anlage zu erwähnen, die vielleicht die bedeutendste dieser Art, und gewifs in sofern von grofser Wichtigkeit ist, als dabei vielfache Erfahrungen gemacht sind. Dieses ist die Vertheidigung des Seeufers in Nord-Holland zwischen Petten und Kamp. Es wurde bereits erwähnt, dafs bei dem zunehmenden Abbruche des Ufers die natürliche Dünenkette hier sehr angegriffen und stellenweise beinahe ganz verschwunden ist, dafs aber andrerseits der Einbruch der See gerade an dieser Stelle übermäfsige Verwüstungen besorgen liefs, und einem solchen daher in jeder Weise vorgebeugt werden mufste. Dafs Letzteres zum Theil durch Ausführung von Deichen geschehn ist, die in geringer Entfernung hinter den bedrohten Dünen liegen, ist gleichfalls schon mitgetheilt, aufserdem hat man aber die ganze Uferstrecke von 1350 Ruthen, oder etwas über zwei Drittel Deutsche Meilen Länge nicht nur mit einem sehr soliden Deckwerke umschlossen, sondern dieses noch durch fünf und dreifsig davorliegende Höfter, oder buhnenartige Einbaue gesichert.

Wie sehr dieses Ufer dem Angriffe ausgesetzt war und periodisch zurückgedrängt wurde, ergiebt sich unter andern daraus, dafs das Dorf Petten, soweit die geschichtlichen Nachrichten reichen, dreimal, nämlich 1421, 1570 und 1625 von der See zerstört,

und weiter landwärts wieder aufgebaut ist. Wie weit man dabei jedesmal zurückging, ist nicht bekannt, wohl aber weifs man, dafs das Gemeindehaus bei Petten im Jahre 1627 um 130 Ruthen landwärts verlegt wurde, so dafs es damals über 40 Ruthen vom innern Fufse der Dünen entfernt war, während es gegenwärtig bereits innerhalb derselben steht. Die Düne hat sich aber keineswegs verbreitet, vielmehr, während sie zurückwich, sich sehr verschmälert. Nach manchen andern Erfahrungen kann man annehmen, dafs in den 84 Jahren von 1670 bis 1754 das Ufer der westlichen Küste von Nord-Holland stellenweise um 100 Ruthen und sogar noch mehr zurückgedrängt ist. Cordes, aus dessen Mittheilungen diese Angaben entnommen sind*), macht darauf aufmerksam, dafs die Küste von Nord- und Süd-Holland, von der nördlichen Spitze gegenüber Texel bis gegen die Mündung der Maas eine flache Concave bildet, dafs aber aus dieser das seit dem Jahre 1796 geschützte Ufer zwischen Petten und Kamp in convexer Krümmung heraustritt. Er spricht dabei die gewifs sehr begründete Vermuthung aus, dafs dieses Ufer, wenn man es nicht geschützt hätte, gegenwärtig eben so weit, als es jetzt vortritt, bereits vom Meere verschlungen sein würde. Zugleich erwähnt er, dafs man 4 und 5 Wegestunden von der Küste entfernt in der See noch denselben Torfboden vorfindet, der in Holland von der Marsch-Erde überdeckt ist, und sonach sich hieraus auf die im Laufe der Zeit erfolgte Abnahme des Landes schliefsen lasse.

Der Abbruch des niedrigen Strandes und der dahinter liegenden Dünen erfolgt nach Cordes in der Art, dafs bei südwestlichen Stürmen, wobei der Wellenschlag immer am heftigsten ist, weil alsdann die Bewegung aus dem Canale sich bis an die Holländische Küste fortsetzt, der Strand vorzugsweise angegriffen wird, und sowol an Breite, als an Höhe verliert. Sobald dagegen der Sturm mehr nach Norden sich wendet, so schwillt das Wasser an und alsdann tritt die Zerstörung der dahinter liegenden Dünen ein. Grofse Sandmassen stürzen von diesen auf den Strand herab, und ganz allgemein, wie durch mehrfache Beobachtungen nachgewiesen wird, nimmt der letztere dabei wieder an Breite zu, während er

*) Verhandelingen van het koninklijk Instituut van Ingenieurs 1855—1856. pag. 188 ff.

nach an Höhe gewinnt. Auf solche Weise nähert sich der Sand, aus dem die Düne besteht, nach und nach dem Meere, bis er von diesem schliefslich fortgespült wird. Ein grofser Theil des Sandes fliegt aber auch landwärts, und veranlafst dadurch das langsame Vorrücken der Dünen, während ein andrer Theil desselben bei entsprechenden Winden längs des Strandes sich bewegt, und hier zuweilen durch Strauchzäune mit Vortheil aufgefangen wird.

Um diesen höchst gefährlichen Angriffen auf der am meisten bedrohten Stelle Einhalt zu thun, fing man 1796 die Erbauung der Höfter an und nach zehn Jahren waren einige zwanzig derselben ausgeführt. Im Jahre 1822 sah ich diese Werke. Jedes derselben war 300 bis 400 Fufs lang, und in der Krone 20 Fufs breit. Die Kronen lagen nahe horizontal in der Höhe der gewöhnlichen Fluthen. Es waren Packwerksbauten, die vielleicht auf Senkstücken zum Theil ruhten, die Seitendossirungen waren sehr steil. Rings um die Kronen liefen zwei Flechtzäune, so wie mehrere derselben auch nach der Quere jedes Werkes. Die von diesen eingeschlossenen Räume waren mit grofsen flachen Steinen ziemlich sorgfältig ausgepackt. doch gaben sich hin und wieder sehr bedeutende Beschädigungen zu erkennen. Der Abstand je zweier Einbaue mafs etwa 700 Fufs. doch bemerkte ich, dafs in dem mittleren Theile mehrmals zwischen je zwei derselben noch ein Werk und zwar ein kürzeres nachträglich eingelegt war.

An den Wurzeln dieser Höfter war das Ufer auf gröfsere Länge durch Steindeckwerke geschützt. Zwischen zwei Flechtzäunen. die dem Ufer parallel liefen, und von denen der äufsere die Wurzeln der Einbaue berührte, waren in Abständen von etwa 2 Ruthen Querzäunungen gezogen. In diesen kastenförmigen Räumen lagen Faschinen-Bettungen und darüber waren wieder flache Steine gepackt. Landwärts schlofs sich hieran die künstliche Düne oder der Sanddeich an, der den Uebertritt des Hochwassers verhindern sollte. Seine Krone von etwa 100 Fufs Breite lag ungefähr 20 Fufs über dem Maifelde, oder 19 Fufs über dem gewöhnlichen Hochwasser. Die äufsere Dossirung hatte fünffache, die innere zweifache Anlage. Die erstere, so wie auch die Krone, waren theils mit Strandhafer bepflanzt, theils aber mit Strohbüscheln im Abstande von $1\frac{1}{2}$ Fufs nach beiden Richtungen besteckt. Dieser Deich. dessen Länge etwa eine Viertel Meile betrug, hatte damals

ein sehr regelmäfsiges Ansehn, er war also wahrscheinlich erst
Kurzem ausgeglichen oder theilweise neu ausgeführt.

Die vorstehend angegebenen Maafse beziehn sich nur auf S
zungen, deren Mittheilung sich wohl dadurch rechtfertigt, daß
in den Niederländischen Schriften vergeblich nach einer Beschr
der ersten Anlage dieser Bauten gesucht habe. Man über
sich später, dafs diese Constructionen zu schwach waren. In
Zeit von 1836 bis 1847 wurden nicht nur die sämmtlichen H
wesentlich verstärkt, sondern auch die Uferdeckung wurde mit
sehr soliden Holzwand versehn, die derjenigen ähnlich war, die
zum Schutze eines Deiches in Friesland ausgeführt hatte, und
§ 16 Fig. 33 beschrieben ist. Von diesen Aenderungen
Storm Buysing*) nähere Mittheilungen, die jedoch mit manchen
zelheiten, die ich nach jener Zeit sah, nicht ganz übereinsti
Wahrscheinlich wich man in Folge der inzwischen gemachten
fahrungen verschiedentlich von den zuerst festgestellten Const
tionen ab, und aufserdem erklären sich manche Abweichungen
wohl dadurch, dafs diese Uferbefestigung zu zwei verschiedenen V
waltungen gehört, indem die nördlich belegenen Einbaue nebst
betreffenden Uferdeckung von der Provinz Nord-Holland, der
lich belegene Theil dagegen, zum Hondsbosch gehörig, von
Communen ausgeführt worden ist.

Es existiren gegenwärtig fünf und dreifsig Höfter, von den
die beiden äufsersten 1352 Ruthen von einander entfernt sind. D
Länge jedes einzelnen beträgt mit geringen Abweichungen 380 F
Die sieben nördlichsten, die sich neben Petten befinden, sind
Fufs von einander entfernt, die übrigen dagegen nur 400 bis 500 F
und zum Theil noch weniger. Fig. 73 zeigt den Grundrifs
dieser Einbaue mit der anschliefsenden Uferbefestigung. Das W
ist auf die ersten 240 Fufs Länge 19 Fufs breit, von hier ab
breitet es sich allmählig bis auf 30 Fufs, und wird am Kopfe
einem Halbkreise begrenzt, der mit dem Radius von 15 Fufs
schrieben ist. Die Krone, mit einer starken Steinlage gedeckt,
hebt sich in ihrem Anschlusse an das Uferwerk 1 Fufs 5 Zoll
das gewöhnliche Hochwasser, und bleibt am äufsern Ende oder
Kopfe 5 Fufs 1 Zoll darunter, oder sie liegt hier in dem Niveau

*) Bouwkundige Leercursus. I. Theil. Breda 1854 pag. 618.

hnlichen Niedrigwassers. In ihrer Mitte befindet sich eine dichte
wand von 6½ Zoll Stärke, die auf der Landseite 3 Fuſs 2 Zoll
das Hochwasser sich erhebt, am Ende dagegen 4 Fuſs 2 Zoll
ter bleibt, dieselbe ragt also an der Wurzel des Werkes um
s 9 Zoll und am Kopfe um 11 Zoll über die Steindecke hervor.
Zur Befestigung der Steindecke sind auſserdem vier Pfahlreihen
m schmaleren Theile des Baues, und im breiteren sechs solche
bracht, wie die Linien in derselben Figur angeben, auch sieht
darin einige Quer-Reihen. Der Zweck dieser Pfähle, die von
Seiten das Pflaster umschlieſsen, ist kein andrer, als eine weite
lehnung der Zerstörung zu verhindern, falls einzelne Steine
Wellenschlage abgehoben und fortgeschleudert werden sollten.
Fig. 74 *a* und *b* zeigt die beschriebene Construction der
baue im gröſseren Maaſsstabe, und zwar in der Ansicht von
Seite und im Querschnitte. Der äuſserste Theil, etwa auf 130
Länge ruht auf einem Senkstücke, das oben wie unten mit
n Roste von Würsten versehn ist. Ueber diesem, so wie in
ganzen übrigen Theile sind Packlagen nach der in den Nie-
nden üblichen Methode (§ 78 im zweiten Theile dieses Hand-
es) aufgebracht, wobei die Sturz-Enden der Faschinen immer
auſsen gekehrt werden und nur wenig gegen einander zurück-
n, so daſs die Böschungen ziemlich steil ausfallen. Der letzte
and ist nicht bedenklich, da die Wassertiefe zur Seite sehr
ig geblieben ist. Nachdem die Packlage mit Würsten benagelt
mit Ziegelgruſs beworfen war, was jedesmal vor dem Eintritt
nächsten Hochwassers geschehn muſste, ging man sogleich zum
ammen der Pfähle über. Soweit diese nicht die Mittelwand
en, bestehn sie aus Eichenholz, haben 6 Fuſs Länge und 6 Zoll
ke und werden in Abständen von 15 bis 18 Zoll von Mitte zu
e, also in solchen Entfernungen eingerammt, daſs die Steine,
che die obere Decke bilden, nicht hindurchfallen können. Man
gt aber dafür, daſs die Pfahlköpfe noch etwa 6 Zoll über die
rfläche dieser Steindecke vorragen, damit sie zuerst den Stoſs
auflaufenden Wellen aufnehmen. Die mittlere Wand, deren
he und Stärke bereits angegeben ist, besteht aus schwachen Kie-
n-Pfählen, die vollständig beschlagen, 11½ Fuſs lang und bei ver-
iedener Breite 6½ Zoll stark sind. Sie werden möglichst dicht
liefsend stumpf an einander gerammt und nahe unter den Köpfen

durch zwei gegenüberliegende Zangen verbunden. Zur I
derselben wird durch jeden vierten Pfahl ein Bolzen hin
gen, der auf der einen Seite mit einem Kopfe und auf
mit einer schmalen Oese zur Aufnahme eines Splintes v
Dafs auf beiden Seiten Unterlagsscheiben angewendet w
darf kaum der Erwähnung, doch mufs hinzugefügt werden,
Pfahlwände zuweilen sehr grofsen Beschädigungen durc
wurm ausgesetzt sind, und hierdurch mehrfach bedeute
der Wand beim Wellenschlage abgebrochen werden. Un
verhindern hat man in neuerer Zeit theils die tiefer liege
der Wand, bis etwas unter die Steindecke mit Nägeln,
dratische sehr grofse Köpfe sich überdecken, dicht beschl
aber auch alle Hölzer vor dem Gebrauche mit Metall-(
tränkt. Diejenigen Pfähle, welche nicht durch die erwäh
bolzen mit den Zangen verbunden sind, werden noch d
bolzen oder 8zöllige Nägel an die eine oder die andere
festigt.

Endlich wird möglichst regelmäfsig und zwar fla
die Steindecke aufgebracht. Dieselbe bestand früher g
aus Kalkstein-Blöcken von Doornik, die ziemlich fest si
wohlfeilsten zu beschaffen waren. Sie brechen lagerh
gröfseren Stücken, man verwendete nur solche, die 10
stark waren, und einige Quadratfufs Oberfläche hatten.

Diese Einbaue schliefsen sich unmittelbar an das U
werk an, dessen wesentlichster Theil in einer dicht s
starken Holzwand besteht. Dieselbe ist aus kiefern
zusammengesetzt, die vollkantig beschlagen sind und 9
vierten messen, ihre Länge beträgt 20 Fufs. Sie werden
gerammt, dafs ihre Köpfe, nachdem sie übereinstimmend
ten sind, $9\frac{1}{2}$ Fufs über das gewöhnliche Hochwasser si
Zu ihrer Verbindung dient eine starke Zange an der i
ohnfern des Kopfes, an welche jeder einzelne Pfahl g
Damit die hohe Wand dem starken Stofse der Wellen
Widerstand leisten kann, wird sie in Abständen von 12
einen eichenen Pfahl, der als Strebe wirkt, unterstütz
ist 23 Fufs lang, und wird, nachdem die Wand bereit
abgeschnitten, auch mit der Zange versehn ist, über de
schräge eingerammt, alsdann mit einer Klaue versehn, u

so abgeschnitten, dafs er, nachdem er herabgedrückt worden, sowol gegen die Pfahlwand sich lehnt, als auch mit der Klaue die Zange umfafst. Ein starker eiserner Bügel, der sich um ihn schlingt, wird alsdann unter der Zange hindurch durch die Pfahlwand gesteckt, und hier über Unterlags-Scheiben durch Splinte in beiden Enden fest angezogen.

Demnächst dient zur Sicherung der Wand, und namentlich um eine starke Vertiefung auf ihrer innern Seite durch den Abflufs des beim Sturme überschlagenden Wassers zu verhindern, noch eine davor gestellte Kiste. Es werden nämlich in solchem Abstande, dafs in der Oberfläche ein Zwischenraum von 2 Fufs sich bildet, Pfähle von 9 Zoll Durchmesser und 11 Fufs Länge in der Entfernung von 4 Fufs von Mitte zu Mitte senkrecht eingerammt, und bis zur halben Höhe derselben auf der Seeseite eine Bohlenverkleidung angebracht. Diese Wand erhebt sich 4 Fufs 8 Zoll über gewöhnliches Hochwasser. Der Raum zwischen ihr und der Pfahlwand wird nach der Höhe des Bodens 2 bis 4 Fufs hoch mit Strauch ausgepackt, darüber bringt man eine 2 Fufs hohe Lage von Ziegelgrufs auf, und über derselben gröfsere Steine. Indem das überschlagende Wasser auf diese Kiste senkrecht herabstürzt, so ist eine solide Bettung der Steine dringend geboten.

Endlich mufste die Pfahlwand auch auf der Seeseite gegen Ausspülung gesichert werden. Dieses geschah, wie dieselbe Figur zeigt, durch eine 10 Fufs breite Steindossirung, die derjenigen auf den Einbauen ziemlich gleich war. Sie stützte sich in ihrem Fufse gegen eine Reihe kürzerer Pfähle und eine solche ist auch in der Mitte durch sie hindurchgezogen. Sie erhebt sich neben der Pfahlwand eben so hoch, wie die Krone der Einbaue, fällt aber ziemlich steil ab. Wie es scheint, waren die Doorniker Steine hier ursprünglich nur auf eine Faschinen-Bettung versetzt, doch ist später überall, wo eine Sackung eintrat, eine Bettung von Mauerschutt oder Ziegelgrufs dazwischen gebracht.

Die Erfolge dieser Deckung, so wie auch der davor liegenden Höfter war ohne Zweifel in sofern günstig, als ein weiterer Abbruch des Ufers dadurch bisher verhindert ist. Eine Verbesserung desselben durch Sandablagerung und durch Verminderung der Tiefe ist indessen wohl nicht erreicht worden. Es soll später hierauf noch zurückgekommen, und hier nur bemerkt werden, dafs die Beschä-

digungen an diesen Werken sehr bedeutend gewesen sind, und nicht nur die Steinböschungen und Kronen der Einbaue oft auf großen Strecken aufgerissen, und die Pfahlwände auf den Einbauen abgebrochen wurden, sondern wiederholentlich zerschlugen die Wellen auch die hohe Pfahlwand, wie dieses bei dem heftigen Sturme am 26. September 1853 an zwei Stellen auf 30 bis 40 Fuſs Länge geschah*).

Mit Rücksicht auf diese Erfahrungen hat man die beschriebenen Constructionen bei vorkommenden Instandsetzungen und Erneuerungen nicht beibehalten, sondern man ist davon in mancher Beziehung abgewichen.

Von geringerer Bedeutung ist die in neuerer Zeit eingeführte Aenderung der Befestigung der Strebepfähle gegen die hohe Pfahlwand, welche Fig. 75 zeigt. Nachdem nämlich diese Wand mit der bereits erwähnten Zange verbunden ist, so schneidet man an der Stelle, wo ein Strebepfahl eingesetzt werden soll, den Kopf eines Pfahles ab, und in die so gebildete Oeffnung stellt man den Strebepfahl, der in dieser Richtung eingerammt, und alsdann mittelst eines starken Bolzens an die Zange befestigt wird, die selbst durch Bolzen mit den einzelnen Pfählen der Pfahlwand verbunden ist. Der Kopf des Strebepfahles wird demnächst noch durch eine zweite Zange überdeckt, er greift aber durch die Pfahlwand hindurch und wird an seinem Ende durch einen starken aufgetriebenen Ring gegen das Aufreiſsen gesichert.

Fig. 76 zeigt in der Seiten-Ansicht und im Durchschnitte die durchsichtige Holzwand, welche auf den zum Hondsbosch gehörigen Einbauen in den Kronen derselben statt der dichten Wand vielfach zur Ausführung gekommen ist. Storm Buysing beschreibt sie etwas anders, wogegen die Figur sie so darstellt, wie ich sie 1862 sah. Ueber die Krone erhebt sich 5 Fuſs hoch eine Reihe von Pfählen, die 2 Fuſs von einander entfernt, und in der Nähe ihrer Köpfe durch eine Zange verbunden sind. Eine zweite Zange befindet sich ungefähr 1 Fuſs über der Krone, und an diese sind zwischen je zweien der erwähnten Pfähle jedesmal noch zwei an-

*) Verhandelingen van het Kon. Instituut van Ingenieurs. 1853—1854. Pag. 53.

urze und schwache Pfähle angebolzt. Die letzteren sind in
eindecke durch kurze eingerammte Pflöcke umschlossen, da
ie Anwendung kleiner Steine vermeiden wollte.
urch diese Veränderung der dichten Wand in eine durchsich-
lie noch gröfsere Höhe erhielt, hoffte man theils die Wellen-
ung zu mäfsigen und in Folge dessen die Ablagerung des
s zu befördern, theils aber auch die Wand selbst einem ge-
en Angriffe, als früher auszusetzen. Die erste Absicht ist in-
n nach den bisherigen Erfolgen nicht erreicht worden. Storm
ng sagt, dafs in dieser Beziehung die durchsichtige Wand kei-
Vorzug vor der dichten gezeigt hat.
Die Einbaue selbst werden gegenwärtig in viel gröfserer
te umgebaut, als sie früher hatten, und namentlich ist dieses
ler nördlichen Seite, also bei denjenigen Werken geschehn,
e die Provinz zu unterhalten hat. Auf den gröfsten Theil ih-
inge beträgt die Breite 28½ Fufs, und nimmt gegen den Kopf
if 44½ Fufs zu. An jeder Seite der Mittel-Wand befinden sich
fahlreihen, und die Steindecke, die zwischen den beiden äu-
Reihen neu hinzugekommen ist, bildet ein niedriges Banket,
s das ältere Werk umgiebt, aber in gleicher Weise, wie die-
nstruirt und befestigt ist. Fig. 77 *b* zeigt diese Anordnung im
:.
emnächst ist auch die Steinböschung vor der hohen Pfahl-
auf 48 Fufs und die Kiste dahinter auf 3½ Fufs verbreitet, wie
7 *a* zeigt.
ndlich ist zu erwähnen, dafs man in dem Jahre 1861 den
ch gemacht hat, die Pfahlwand vor dem Ufer auf eine kurze
ke, nämlich zwischen drei neben einander liegenden Werken durch
lurchsichtige Wand zu ersetzen. Fig. 77 *a* und *b* zeigt diese
dnung im Querschnitte und in der Ansicht von der Seeseite.
Pfähle, welche diese Wand bilden, haben ihre Richtung beibe-
n, aber nur einer um den andern erhebt sich 9½ Fufs über das
wasser, während die Köpfe der übrigen nur 4¾ Fufs darüber
rragen. Es mufsten hiernach zwei Zangen angewendet wer-
um die Köpfe von jenen, wie von diesen sicher zu unterstützen.
Anbringung der Streben schien dabei entbehrlich, weil der Stofs
Wellen gegen diese Wand augenscheinlich viel schwächer ist,
er nach der älteren Construction war.

Die Erfolge dieser Aenderung waren, als ich das Ufer im S[illegible] mer 1862 sah, nicht nur höchst augenfällig, sondern sogar [illegible] schend günstig, indem sowol der Strand vor dieser Wand, als [illegible] schen den Einbauen, als auch die Sand-Ablagerung dahinter [illegible] Fuſse der Dünen sich um einige Fuſse erhöht hatte. Auf b[illegible] Seiten, wo die alten Wände noch bestanden, lag der Sand viel [illegible] driger. Mir wurde zwar gesagt, daſs ähnliche günstige Erfolge [illegible] vielfach in früherer Zeit stellenweise erreicht wären, daſs die[illegible] aber immer nur vorübergehend geblieben, und man daher auch [illegible] noch kein entscheidendes Gewicht auf dieses Resultat legen [illegible] vielmehr die spätern Wirkungen abwarten müsse. Sollten indes[illegible] diese günstig ausfallen, so wäre hieraus eine überaus wichtige [illegible] fahrung in Betreff der Sicherung der Seeufer gemacht. A[illegible] erscheint diese Anordnung gewiſs zweckmäſsig, denn ein[illegible] bleibt die Wassermasse, welche die auflaufende Welle gegen [illegible] Wand schleudert, und die von dieser wieder zurückströmen muſs, [illegible] geringer, sie wird also den Sand, der sich davor abgelagert [illegible] weniger angreifen. Andrerseits aber kann die Welle auch grö[illegible] Sandmassen hinter die Wand werfen, und in dem Maaſse, wie [illegible] Ufer sich hier erhöht, entfernt sich das Grundwasser von der O[illegible] fläche, oder es zieht sich um so mehr Wasser durch den Bo[illegible] hindurch, wodurch wieder die Parallel-Strömung hinter der S[illegible] kiste vermindert, oder die Einwirkung derselben auf den hier ab[illegible] lagerten Sand gemäſsigt wird. Aehnliche Anordnungen haben [illegible] nach sonstigen Erfahrungen sich bewährt. Errichtet man Zä[illegible] gen am Strande, so fangen dieselben ebensowol wenn sie von W[illegible] len getroffen werden, als wenn nur der Wind den Sand dag[illegible] treibt, den letzteren besser auf, wenn sie vielfache Oeffnungen [illegible] ben, als wenn sie ganz dicht sind. Sie dürfen die Geschwindig[illegible] des Wassers oder Windes nicht ganz aufheben, sondern sie [illegible] diese nur mäſsigen. Im ersten Falle kann der Sand nicht bis [illegible] sie gelangen, und der verstärkte Druck treibt ihn wieder fort, [illegible] er zufällig bis zu ihnen geworfen wurde, und hierzu kommt [illegible] daſs sie einem sehr starken Stoſse oder Drucke ausgesetzt [illegible] Wenn sie dagegen mit vielen und groſsen Oeffnungen versehen [illegible] so findet die Durchströmung noch statt, aber hinter ihnen und [illegible] ihnen mäſsigt sich die Geschwindigkeit, und der mitgeführte Sand

sich ab. Vorzugsweise beim Dünenbau ist diese Rücksicht
rofser Bedeutung.

a Betreff der vorstehend beschriebenen Uferdeckung wäre noch
rähnen, dafs die hohe Pfahlwand, welche den Strand voll-
g von den Dünen und dem dahinter liegenden Lande absperrt,
fernungen von etwa 200 Ruthen mit Oeffnungen oder Durch-
n versehn ist, die so weit sind, dafs man auch mit Wagen
chfahren, und sonach die Baumaterialien zur Instandsetzung
inbaue an den Strand bringen kann. Die Wand ist in sol-
Falle auf 2 Ruthen Länge unterbrochen, damit aber die Wel-
irch diese Oeffnungen nicht ganz frei hindurch treten und die
stark beschädigen, so setzt sich von der nördlichen Wand
ügel, der etwa 30 Grade von der Richtung derselben abweicht,
it vor die Oeffnung fort, dafs er diese vollständig deckt, und
ei ganz südlichen Winden, die jedoch keine starke Bewegung
assen, treten die Wellen noch schräge über den Strand und
lie Einbaue fort in die schmalen Oeffnungen ein.

chliefslich bleibt noch die wichtigste Frage zu beantworten,
rch diese sehr grofsartige Anlage der Zweck vollständig er-
und die Küste gegen ferneren Abbruch gesichert ist.
den bisherigen Erfahrungen ist dieses wirklich geschehn, eine
ide Verbreitung des Strandes, welche eine Verbesserung der
ltnisse erkennen lassen würde, ist aber nicht eingetreten. Die
gnifs bezieht sich vorzugsweise darauf, dafs vielleicht in glei-
Weise, wie bei Buhnen im Strome oft geschieht, und wie auch
en langen Höftern im Hamburger Amte Ritzebüttel geschehn
ine grofse Tiefe sich den Köpfen so sehr nähert, dafs diese
versinken, und dafs bei der weitern Annäherung des Stromes
Uferschutz nach und nach weniger wirksam wird, und endlich
aufhört. Nachdem die Werke bereits so lange bestehn und
immer in der vollen Länge erhalten sind, auch selbst die
: nicht in tiefem Wasser liegen, so scheint diese Besorgnifs
iier nicht zu begründen, und dieses rührt wahrscheinlich davon
dafs bei dem sehr mäfsigen Fluthwechsel keine starke Strö-
vorbeigeht. Nichts desto weniger ist man in dieser Bezie-
keineswegs ganz beruhigt. Noch vor zehn Jahren, also in
Zeit, wo bereits lange Erfahrungen vorlagen, stellten die Ab-

geordneten von Nord-Holland bei der Regierung den Antrag, sie möge durch eine Commission von Sachverständigen untersuchen lassen, in welcher Weise im Auslande, und namentlich in Frankreich, Belgien und in Dänemark die Küsten gegen Abbruch gesichert werden. Der Minister des Innern lehnte diesen Antrag keineswegs bestimmt ab, sondern hielt es nur für angemessen, dafs zuvor die Berichte über die Erfolge der verschiedenen Versuche zur Deckung der Niederländischen Küsten eingeholt würden.

Ohne Zweifel wäre die letzte Frage in Betreff der Wirkungen, welche die Einbaue bei Petten gehabt haben, sehr sicher zu beantworten, wenn man vor Anlage dieser Werke genaue Peilungen bis zu gröfseren Tiefen angestellt und diese mit neuern Messungen verglichen hätte. Es scheint, dafs dieses nicht geschehn konnte, wenigstens werden darüber keine Mittheilungen gemacht. Man hat dagegen seit 1843 den Strand auf der Westseite von Nord-Holland, und seit 1857 auch den von Süd-Holland jährlich sehr genau vermessen, woraus sich die an demselben eingetretenen Aenderungen erkennen lassen. Diese Messungen beziehn sich auf den Fufs der Düne und auf die Grenze des gewöhnlichen Hoch- und Niedrigwassers. Aufserdem ist auch noch die Höhe des Strandes durch Nivellements bestimmt, doch sind die letzten Angaben nicht veröffentlicht, und die Resultate möchten auch wegen der Unsicherheit in der Wahl der Punkte von wenig Bedeutung sein, wenn nicht vollständige Querprofile aufgenommen wurden.

In den Jahren 1842 bis 1843 wurde die Küste von Nord-Holland im Anschlusse an die früheren trigonometrischen Messungen genau aufgenommen. In Abständen von 1000 zu 1000 Ellen (265¼ Ruthen) wurden in möglichst langen geraden Linien vor dem Fufse der Dünen numerirte Signalpfähle aufgestellt, und von jedem aus werden seit dieser Zeit die Abstände des Dünenfufses und der beiden Wassergrenzen in jedem Jahre gemessen. Der Pfahl Nr. 1 steht am nördlichen Ende der Küste neben Kijkduinshof, der Pfahl Nr. 21 trifft auf das erste Höft bei Petten. Ohnfern des letzten bei Kamp steht der Pfahl Nr. 26 und der letzte Pfahl Nr. 71 befindet sich an der Grenze von Süd-Holland. An den Pfählen Nr. 22 bis 25, also an denjenigen, die hinter den Einbauen stehn, werden keine Messungen gemacht, wahrscheinlich weil die Wasserlinien hier gar zu veränderlich sind, die Düne aber vor dem Angriffe der

ee geschützt ist. Diese Messungen sind für die Jahre 1843 bis 859, also für 17 Jahre bekannt gemacht*).

Um die Hauptresultate übersichtlich zusammenzustellen, sind in den eiden nachstehenden Tabellen die Aenderungen angegeben, welche ich an beiden Endpunkten der gedeckten Küstenstrecke, also bei en Pfählen Nr. 21 und 26 gezeigt haben, demnächst die durchschnittlichen Aenderungen der beiderseitig anschliefsenden Strecken on 3000 Ellen (796¼ Ruthen) also nordwärts zwischen den Pfähen Nr. 18 und 21, und südwärts zwischen 26 und 29. Auf diese Strecken haben die Einbaue unzweifelhaft noch einigen Einflufs ausgeübt. Um beurtheilen zu können, ob dieses auch in weiteren Entfernungen der Fall gewesen, sind noch die durchschnittlichen Aenderungen der angrenzenden Strecken von 10000 Ellen (2655 Ruthen) hinzugefügt. Letztere werden von den Nummern 8 und 18, und die südliche von 29 und 39 begrenzt. Das Plus-Zeichen bedeutet das Anwachsen des Landes, also eine Herausrückung der Grenze nach der Seeseite, das Minus-Zeichen dagegen einen Abbruch oder eine Bewegung jener Linien nach dem Lande. Die Aenderungen sind in Rheinländischen Fufsen angegeben.

Die Periode von 16 Jahren habe ich nicht zusammengefafst, weil in dem letzten Jahre sehr grofse Aenderungen eintraten, welche zum Theil die früheren beinahe vollständig aufhoben. Es sind daher die Resultate zweier Perioden, nämlich einer funfzehnjährigen von 1843 bis 1858 und einer einjährigen von 1858 bis 1859 angegeben.

ummern der Pfähle . . .	8—18	18—21	21	26	26—29	29—39
Veränderungen von 1843 bis 1858.						
m Fufse der Düne . . .	— 34	— 26	+ 3	— 19	— 42	— 17
m Hochwasser	+ 20	+ 29	— 32	— 16	— 1	+ 44
m Niedr. Wasser	+ 29	+ 26	+ 29	+ 54	+ 31	+ 70
Veränderungen von 1858 bis 1859.						
m Fufse der Düne . . .	+ 1	+ 1	0	— 3	+ 2	+ 5
im Hochwasser	— 5	— 17	— 3	+ 3	— 15	+ 3
im Niedr. Wasser	+ 18	+ 25	+ 3	— 51	— 56	— 27

*) Verhandelingen van het koninkl. Instituut van Ingenieurs. 1859 bis 1860. Pag. 58 ff.

Aus diesen Zusammenstellungen ergiebt sich, dafs noch gegenwärtig sehr bedeutende Veränderungen der Küste vorkommen, und dafs diese unter besondern Umständen sogar im Laufe eines Jahres sehr stark sind und alle Vortheile vernichten, welche in einer langen Periode sich nach und nach herausgestellt hatten. Dieses weisen die vorstehenden Tabellen für die Grenze des niedrigen Wassers in der südlichen Uferstrecke nach. Auf diesem 3000 Ellen langen Theile drang diese Grenze im Laufe von 15 Jahren durchschnittlich um 31 Fufs weiter seewärts vor, oder das tiefe Wasser entfernte sich soviel von dem Ufer. In dem einen folgenden Jahre wurde dagegen der Strand so angegriffen, dafs das Niedrigwasser nahe um das Doppelte dieser Entfernung, nämlich um 56 Fufs durchschnittlich wieder landwärts vorrückte.

Man bemerkt aufserdem, dafs der Fufs der Düne in der ganzen Uferlänge, wenn auch nicht stark, doch durchschnittlich noch um 2 bis 3 Fufs in jedem Jahre zurückweicht. Auffallend ist es aber, dafs in derselben Periode der Strand sich auch erhöht und seewärts verbreitet hat, so dafs die Linien des Hochwassers wie des Niedrigwassers weiter hinausgegangen sind. Im letzten Jahre ist der Strand in dem Niveau des Hochwassers stark abgebrochen, im Niveau des Niedrigwassers dagegen haben sehr bedeutende Ablagerungen auf den nördlichen Ufertheilen statt gefunden, während die südlichen zurückgewichen sind.

Die Hauptfrage, nämlich welchen Einflufs die Einbaue auf die Erhaltung des Ufers und des Strandes gehabt haben, beantwortet sich aus diesen Beobachtungen nur dahin, dafs sich in keiner Beziehung ein Unterschied in dem Verhalten der Uferstrecken neben diesen Einbauen, und derer, die weiter entfernt liegen, zu erkennen giebt. Gewifs darf man hieraus nicht den Schlufs ziehn, dafs der Uferschutz überhaupt keine Wirkung gehabt hat. Die Werke existirten in der Mehrzahl bereits seit einem halben Jahrhunderte, als diese Messungen begonnen wurden, und sie hatten daher schon einen gewissen Beharrungsstand herbeigeführt, so dafs die ursprünglichen Wirkungen nicht mehr durch diese spätern Messungen nachzuweisen waren. Indem aber gerade der am weitesten vortretende Theil des Ufers durch sie gedeckt ist, der gewifs den stärksten Angriff erleidet. so ergiebt sich hieraus, dafs die Werke wenigstens

ebermaafs aufgehoben und die durch sie geschützte Ufer-
en übrigen gleichgestellt haben.

lürfte von Interesse sein, noch von dem Verhalten des gan-
Deutsche Meilen langen Ufers der Provinz Nord-Holland
dieser beiden Perioden Kenntnifs zu nehmen. Indem die
ı Strecken durch die Nummern der in gleichen Abständen
lten Pfähle bezeichnet sind, so wird noch bemerkt, dafs

0 an dem nördlichen Ende dieses Ufers bei Kijkduin steht, wo gleichfalls einige jedoch nur kürzere Höfter erbaut sind,

13 bei Callantsoog,

21 bei Petten, am nördlichen Ende der hier in Rede stehenden Uferdeckung,

26 am südlichen Ende derselben ohnfern Kamp,

38 bei Egmond aan Zee,

52 bei Wijk aan Zee,

56 bei Zandvoort und

71 an der Grenze von Süd-Holland, dem Haarlemmer Meer gegenüber.

durchschnittlichen Veränderungen sind in derselben Art,
er, wieder durch Plus- oder Minus-Zeichen in Rheinländi-
ıfsen, die Längen der Strecken aber in Rheinländischen
ıngegeben.

ızen er ecke.	Längen derselben.	Am Fufse der Düne.	In der Linie des Hochwassers.	Niedrigw.
		Aenderungen von 1843 bis 1858.		
0—13	3452	— 41	+ 64	+ 96
3—21	2124	— 51	+ 51	+ 60
6—38	3186	— 23	+ 60	+ 118
8—52	3717	— 19	+ 76	+ 169
2—66	3717	+ 16	+ 127	+ 166
6—71	1328	+ 19	+ 118	+ 204
ı. Aender.	—	— 19,4	+ 81,9	+ 134,1

Grenzen der Strecke.	Längen derselben.	Am Fufse der Düne.	In der Linie des Hochwassers.	In der Linie des Niedrigw.
		Aenderungen von 1858 bis 1859.		
Nr. 0—13	3452	— 1	— 11	— 16
Nr. 13—21	2124	+ 2	— 10	+ 34
Nr. 26—38	3186	+ 4	0	— 35
Nr. 38—52	3717	+ 4	0	— 26
Nr. 52—66	3717	+ 4	— 10	+ 15
Nr. 66—71	1328	+ 1	0	+ 1
Durchschn. Aender.	—	+ 2,5	— 5,5	— 1,[illegible]

Es ergiebt sich hieraus, dafs die Verhältnisse der Nordhol[illegible] dischen Küste seit dem Beginne dieser Messungen sich keines[illegible] in nachtheiliger Weise verändert haben, denn wenn der Fu[illegible] Dünen auch noch fortwährend abbricht, und durchschnittlich [illegible] dem Jahre etwa um 1 Fufs zurückweicht, so begründet dieser [illegible] stand keine Besorgnifs, insofern die Grenzen des gewöhnlichen [illegible] und Niedrigwassers seewärts vorschreiten, nämlich jene um [illegible] 4 Fufs und diese um mehr als 8 Fufs in jedem Jahre, woraus [illegible] ergiebt, dafs der Strand sich verbreitet und erhöht. Das Zurü[illegible] weichen der Düne wird unter diesen Verhältnissen wahrschei[illegible] bald seine Grenze finden, auch würde demselben noch vorgeb[illegible] werden können, wenn man mehr Sorgfalt auf den Dünenbau [illegible] den, und namentlich durch regelmäfsiges Anpflanzen von Grä[illegible] am Fufse der Düne die Ausbildung recht flacher Dossirungen [illegible] dem Strande befördern wollte.

Die Zusammenstellung zeigt noch, dafs der südliche Theil [illegible] ser Küste günstiger situirt ist, als der nördliche. Nach der [illegible] Tabelle wird das Maafs der Ausbildung des Strandes und zwar [illegible] Bezug auf beide Wasserlinien ziemlich regelmäfsig immer um [illegible] bedeutender, je mehr die betreffende Strecke südwärts liegt, [illegible] in Betreff des Fufses der Düne ergiebt sich dasselbe Resultat. [illegible] Wijk aan Zee ab ist dieser Fufs im Allgemeinen nicht mehr [illegible] rückgewichen, sondern im Gegentheil hat er sich etwas [illegible] schoben.

Auch die Breite des Strandes, oder die Entfernung zwisch[illegible] dem Fufse der Düne und der Linie des gewöhnlichen Hochwasser[illegible]

den südlichen Strecken auffallend gröfser, als in den nörd-
ı, dort mifst sie durchschnittlich 15 Ruthen, während sie hier
12 und stellenweise selbst nur 10 Ruthen beträgt.

§. 25.
Die Dünen.

Das offene Meer wird grofsentheils durch Sand- und Kies-Ab-
erungen begrenzt. Eine Ausnahme hiervon bemerkt man nur,
nn steile Felsufer aus grofser Tiefe sich erheben. jene Ablage-
ıgen also unter der Oberfläche des Wassers bleiben. Selbst vor
n schroffen Felswänden auf der östlichen Seite von Marseille, und
enso in der Nähe von Port Vendre sieht man an einzelnen ge-
hützten und flacheren Stellen den Kies zu Tage liegen, derselbe
t also auch hier eben so, wie auf dem gewöhnlichen Meeresstrande
m Spiel der Wellen und der Strömung, die ihn nicht nur längs
m Ufer forttreiben, sondern ihn auch über die Oberfläche des
Vassers erheben.

Ueber den Ursprung dieser Sand- und Kiesmassen kann kein
weifel sein. Sie rühren von zerstörten Ufern, und zwar eben so-
ol des Meeres, als der binnenländischen Ströme her. Die thoni-
en und sonstigen erdigen und organischen Theile, mit denen sie
üher gemengt waren, sind durch die Wellen ausgespült und im
Vasser schwebend fortgeführt, so dafs der Sand und Kies vor den
ündungen der Ströme oder vor den abbrechenden Ufern sich al-
ein ablagert. Doch bleibt dieser keineswegs dauernd an derselben
telle. Heftige Strömungen setzen ihn unmittelbar in Bewegung,
nd selbst sehr schwache Strömungen, so wie auch schon die schräge
ıflaufenden Wellen bewirken dasselbe, indem jedes Körnchen im
Vellenschlage immer hin- und hergetrieben wird, und dabei zugleich
weiter rückt.

So lange die Neigung des Strandes unter Wasser so steil ist,
dafs der Sand oder Kies sich darauf nicht halten kann, so fällt er
herab. Auf flacheren Dossirungen bleibt er dagegen liegen, und
wenn die Rückströmung der Wellen ihn auch von hier herabtreibt,
so wird er doch von der nächsten Welle immer wieder gegen das

Ufer zurückgeworfen, so dafs er unter eine gewisse, dem Wellenschlage entsprechende Tiefe nicht hinabsinkt. Der oberhalb dieser Grenze gelagerte Sand bewegt sich nicht nur längs dem Ufer fort, sondern bei heftigen Strömen oder bei sehr starkem Wellenschlage kann er auch bis zu dem mittleren Wasserspiegel und selbst über diesen hinaus gehoben werden. Die dabei eintretenden Erscheinungen, so wie auch die Bildung des flach geneigten Strandes sind § 5 ausführlich erörtert, und es ergiebt sich aus den daselbst mitgetheilten Thatsachen, dafs unter gewissen Umständen sehr grofse Sand- und Kiesmassen stellenweise an die Ufer getrieben werden.

Es kommt darauf an, das weitere Verhalten dieser Massen zu verfolgen. Bei eintretender Ebbe, oder wo kein Fluthwechsel statt findet, nach dem Aufhören des Sturmes, senkt sich der Wasserspiegel, der Sand trocknet, und indem die einzelnen Körnchen gar nicht an einander haften, so werden sie, besonders wenn sie nur geringe Dimensionen haben, schon von sehr mäfsigen Winden fortgetrieben. Nach der jedesmaligen Richtung des Windes fliegen sie entweder längs dem Strande, oder indem der Seewind besonders heftig ist, weil er durch keinen Gegenstand geschwächt wird, so treiben sie vorzugsweise nach dem Binnenlande. Diese Bewegung des Sandes erfolgt in der Art, dafs die Körnchen, welche die Oberfläche bilden, zunächst rollen, und indem der Druck des Windes sie dauernd trifft, so beschleunigt sich ihre Bewegung, sie fangen bald an zu hüpfen, und die Sprünge werden immer ausgedehnter, indem sie bei der jedesmaligen Berührung des Bodens, wie ricochetirende Kugeln sich mit nahe gleicher Kraft von Neuem erheben und in derselben Richtung weiter fliegen. Der feinere Sand, dessen Körnchen augenscheinlich verhältnifsmäfsig einen stärkeren Stofs vom Winde erleiden, als der gröbere, überspringt sehr weite Längen. So sah ich, dafs derselbe bei starken westlichen Winden die ganze Breite des Hafens Rügenwaldermünde übersprang. Diese Wahrnehmung war aber sehr sicher, denn die fliegende Sandmasse hat das Ansehn eines dichten Nebels, und derselbe setzte sich ohne Unterbrechung über den Hafen fort, die Körnchen mufsten also wenigstens 6 Ruthen weit springen, aber wahrscheinlich fielen sie erst in viel weiteren Entfernungen nieder, weil in der ganzen Breite des Hafens keine Schwächung dieses Nebels zu bemerken war.

Noch auffallender ist die grofse Höhe, zu der die Körnchen vor

en Ufern sich erheben. Vor den letztern fängt sich der Wind l er nimmt die Richtung der Dossirung des Ufers an, wenn diese h sehr steil ist. Es sind aber keineswegs nur kleine Körnchen, hinaufgeworfen werden, sondern auch gröberer Seesand folgt ser Bewegung. Wenn man sich während eines heftigen Windes mittelbar an den obern Rand stellt, so fühlt man jedes einzelne rnchen, welches das Gesicht trifft, die gröfsern Körner verursaen aber sogar auf den Händen empfindliche Schmerzen. Diese raufliegenden Massen bilden selbst auf hohen Ufern, wie etwa f dem Streckelberge, ohnfern Swinemünde, grofse Anhäufungen n Sand. Am auffallendsten geschieht dieses vor Waldungen, elche den Wind schwächen und daher das Weiterfliegen des Sans verhindern. An solchen Stellen, wo das Meer gröberen Kies afwirft, ersteigen die Körner nicht das höhere Ufer, und man sieht af diesem nur den feineren Sand, der mit jenen zugleich von der ee ausgeworfen war. In diesem Falle sind die Verwüstungen der lecker und Wiesen auch viel weniger erheblich.

Flache Ufer werden vorzugsweise von dem Sande überdeckt, und indem die Kraft des Seewindes mit der Entfernung vom Strande sich vermindert, so bleiben grofse Sandmassen in der Nähe des Strandes liegen. Dieselben bilden hier hohe Rücken oder zusammenhängende Hügelreihen, die meist die Höhe von etwa 30 und unter Umständen sogar von 100 Fufs und darüber erreichen. Dieses sind die Dünen. Obwohl sie ohne eine Spur von vegetabilischer Erde nur aus dem rein ausgewaschenen Seesande bestehn, so sind sie doch keineswegs ganz frei von Vegetation. Verschiedene Gräser und andre Gewächse, namentlich aber verschiedene Weiden-Arten finden sich darauf ein und wachsen sehr kräftig, indem sie viele Seitenzweige treiben, so lange frischer Sand sich immer von Neuem darüber lagert. Diese Zweige geben aber selbst die Veranlassung zu den Sandablagerungen, denn durch sie wird die Kraft des Windes neben ihnen gemäfsigt und sonach häuft sich der heranfliegende Sand hier an, und er kann auch, so lange das Strauch ihn schützt, nicht wieder fortgetrieben werden.

Auf der Frischen Nehrung bei Pillau habe ich oft wahrgenommen, dafs die grofsblättrige Sandweide, wenn sie während des Winters soweit mit Sand überschüttet war, dafs ihre höchsten Zweige kaum noch einen Fufs darüber hervorragten, im nächsten Frühjahre

zahllose Seitenzweige trieb, wodurch ihre Krone sich weit ausbreitete. Jeder einzelne Trieb schofs aber während des Sommers 6 bis 8 Fuſs auf. Wenn nun im nächsten Herbste und Winter wieder neuer Sand sich darüber lagerte, so wuchs dieser Hügel in wenig Jahren zu einer grofsen Höhe an. Viel schneller, als er entstanden war, verschwand er aber auch wieder, zuweilen sogar während eines einzigen Sturmes. Durch die Senkungen in der Dünenkette streicht nämlich der Wind mit besonderer Heftigkeit hindurch, er bildet hier Vertiefungen, die oft bis zum Niveau des Grundwassers, also nahe bis zum Meeresspiegel herabreichen. Dabei werden augenscheinlich auch die anstofsenden Dossirungen der Hügel angegriffen, sie gestalten sich, da der Sand einige Feuchtigkeit enthält, sehr steil, und grofse Sandmassen stürzen von oben nach. Auffallend ist, dafs bei sehr heftigem Winde diese Sandmassen gar nicht, oder nur zum kleinsten Theile auf den Boden herabfallen, denn während sie sich lösen, werden sie schon vom Winde erfafst und fortgetrieben. In dieser Art verschwindet in wenig Stunden der ganze Hügel, und von ihm bleibt nichts übrig, als der zähe Weidenstamm, der seine Entstehung veranlafste und der noch im Untergrunde fest wurzelt, aber nunmehr ganz entblöfst auf dem Boden liegt. An demselben läfst sich deutlich erkennen, wie hoch er und mit ihm der ganze Hügel in jedem Jahre angewachsen war.

Es ergiebt sich hieraus, wie veränderlich das Dünen-Terrain ist, und wie sehr die Culturen, die man hier ausführt, der Zerstörung ausgesetzt sind. Die Gefahr ist immer um so gröfser, je mehr man sich dem Strande nähert, denn wenn auch von den weiter zurückliegenden Dünen zuweilen grofse Sandmassen auf das dahinter belegene Terrain treiben, so bildet sich der stärkste Sandflug doch immer am Strande und dazu kommt noch, dafs hier der scharfe Seewind der Vegetation gleichfalls nachtheilig ist. Die niedrigen Stellen pflegen zwar mit Gräsern und selbst mit Strauch sich zu überziehn, aber dennoch zeigt die Düne in der Nähe der See und zwar bis gegen 100 Ruthen Abstand von derselben sich meist als sehr kahl und öde.

Zur Characterisirung dieses Terrains mufs noch des Triebsandes erwähnt werden, der sich hier häufig bildet. Beim Schmelzen des Schnees oder bei starkem Regen dringen grofse Wassermassen in den Sand ein, weil ein offener Abflufs über die Oberfläche

en der porösen Beschaffenheit des Bodens nicht statt finden
n. Dieses eingesogene Wasser übt gegen die tiefer liegenden
len einen starken Druck aus, und würde sie anfüllen, wenn nicht
ler die leichte Beweglichkeit des Sandes dieses verhinderte.
ın das Wasser eine freie Sandschüttung in der Richtung von
n nach oben durchdringt, so nimmt diese Schüttung eine losere
haffenheit an und ihr Volum vergröfsert sich, wie im ersten
ile dieses Handbuches § 7 nachgewiesen ist. Sie erhebt sich
, indem jedes einzelne Körnchen seine Lage so verändert,
es nur so eben noch unterstützt wird, und möglichst grofse
schenräume offen läfst. Wenn später die Oberfläche trocken
d, und das Grundwasser unter sie herabsinkt, so giebt es doch
ie Veranlassung, dieses Gleichgewicht zu stören, und der Sand
bt Triebsand, bis zufälliger Weise, wie etwa beim Uebergehn
Menschen oder Thieren, oder auch durch die Vegetation, die
h hier entwickelt, die Körnchen ihre geschlossene Lage wieder
nehmen. Sobald man aber, ehe dieses geschehn ist, unvorsichti-
r Weise solche Fläche betritt, so versinkt man in dieselbe und
erde, wie auch Hornvieh haben häufig darin ihren Tod gefunden.

Auch unmittelbar auf, oder vielmehr vor dem Strande bildet
h häufig der Triebsand. Bei starken Stürmen, welche die Küste
effen, pflegt der Wasserstand einige Fufs hoch zu steigen, und
enn er später wieder sinkt, so tritt das erste vordere Riff, oder
r schmale Sandrücken, der sich während des Sturmes gebildet
atte (§ 5), über das Wasser heraus. Die seewärts gekehrte Bö-
hung desselben besteht, so lange sie noch nafs ist, aus einer sehr
sten Ablagerung, über welche man sicher gehn und fahren kann,
lbst die Räder lassen darauf oft gar keinen Eindruck erkennen.
Dieses erklärt sich dadurch, dafs unter dem Stofse und Drucke der
Wellen die Sandkörnchen eine geschlofsne Lage annahmen. Ganz
nders verhält es sich dagegen mit der innern Böschung. Sobald
ian diese betritt, so bemerkt man, dafs der Boden nachgiebt, und
Pferde und Wagen versinken darin so tief, dafs sie vielfach darin
erunglückt sind. Diese Böschung ist der unmittelbaren Einwir-
ung der Wellen entzogen, sie bildete sich aber, indem die einzelnen
Körnchen über den Scheitel des Rückens fortgetrieben wurden,
nd unter Wasser, also nur mit sehr geringem Drucke niedersan-
ken, woher sie keineswegs sich fest ablagern konnten.

Diese Riffe ziehen sich häufig meilenweit vor dem Strande hin, sie sind aber stellenweise durch flache Sandfelder mit denselben verbunden, und alsdann hat sich jedesmal eine Oeffnung im Rücken gebildet, durch welche das übergetretene Wasser abfliefst. Das Durchfahren dieser Oeffnungen ist wieder nicht ganz gefahrlos, denn auch hier pflegt der Sand sehr lose zu liegen.

Ueber die Methoden, das Dünenterrain auszuebnen, wird im Folgenden ausführlicher die Rede sein, doch mufs schon hier auf eine Erscheinung hingewiesen werden, die sich zuweilen in der überraschendsten Weise darstellt. Eine dichte Wand fängt den Sand unmittelbar vor sich nicht auf, es bildet sich vielmehr eine tiefe Rinne vor ihr aus, weil der Druck der in ihrer Bewegung plötzlich gehemmten Luft Seitenströmungen veranlafst, die den Sand forttreiben. Diese Hemmung der Bewegung, oder Schwächung des Windes bewirkt freilich in einiger Entfernung davor das Niederfallen des Sandes. Es bildet sich also hier ein Sandrücken, der aber durch eine tiefe Rinne von der Wand geschieden wird. Bei zunehmender Erhöhung des Rückens wächst derselbe oft zu solcher Höhe an, dafs er die Wand vollständig vor dem Winde schützt, und alsdann hört auch die erwähnte Seitenströmung auf und die ganze Wand wird schliefslich von dem antreibenden Sande verdeckt. Die Erscheinung ist derjenigen ähnlich, die man auch beim Schneetreiben neben dichten Einfriedigungen zu bemerken pflegt.

Ein auffallendes Beispiel dieser Sandablagerungen sah man noch vor etwa 30 Jahren neben der Kirche von Alt-Pillau. Das Dorf, in dessen Mitte dieselbe früher gestanden hatte, war wegen des starken Sandfluges, der von der See her die Felder und Gärten überdeckte, weiter ostwärts verlegt, und sie allein blieb zwischen den kahlen Dünen zurück. Rings um sie war ein 12 bis 20 Fufs hoher wallartiger Sandrücken angeweht, aber an keiner Stelle erreichte derselbe die Wand der Kirche. Diese blieb vielmehr bis zu ihren Fundamenten immer frei, so dafs die Kirchgänger zwar den hohen und an der innern Seite sehr steilen Rücken übersteigen mufsten, aber die Thüren niemals verschüttet fanden. Die hohe Lage der Kirche, und zwar in einer kahlen Sandfläche, die sie von allen Seiten umgab, erklärt es, dafs der Wind, aus welcher Himmelsgegend er auch kam, immer die gleiche Wirkung ausübte, und sonach der Sandrücken rings umher sich bilden mufste. Seit

nmer Zeit ist die Fläche befestigt und jener Rücken abgeben.

Aus dem bisher Gesagten, ergiebt sich bereits, dafs die Dünen r den verschiedenen Einwirkungen des Windes und unter den flüssen der zufälligen Vegetation sich ganz unregelmäfsig gestal- und fortwährenden Veränderungen unterworfen bleiben. Bald l es einzelne Kuppen von verschiedener Höhe, bald längere ken oder auch wohl Hochebenen, die jedoch erst in mittlerer fernung von der See vorzukommen pflegen, während thalartige schnitte von gröfserer oder minderer Tiefe und Breite sich in höheren Ablagerungen hinein ziehn, oder sie ganz durchschnei-. Die auf Taf. VIII angegebene Dünenbildung neben dem Dorfe wijk mag genügen, um die Unregelmäfsigkeit dieser Formatio- an einem Beispiele zu versinnlichen. Das allein Durchgreifende Erscheinung beruht nur darauf, dafs fortwährend neue Sand- sen von der Seeseite hinzukommen, und sich im Allgemeinen gen der gröfseren Stärke der Seewinde immer landwärts bewe-. Die See wirft entweder den Sand aus, oder sie führt ihn von fernteren Ufern herbei, oder aber sie greift die älteren Ablage- gen an, und dieses geschieht jedesmal, so oft die Wellen eine schung berühren, die nicht hinreichend flach ist. Im letzten Falle ibt gewöhnlich ein grofser Theil des gelösten Sandes sogleich deinwärts. Der Sandflug setzt sich daher, so lange die Dünen ht vollständig gedeckt, und sonach zur Aufnahme von neuen ndmassen vorbereitet sind, über sie fort in das Binnenland. Wenn h hier auch keine neue Dünen bilden, so verlieren Aecker und iesen ihre Ertragsfähigkeit. Vielfach sieht man, dafs in Entfer- ngen von einer Viertel Meile und oft noch viel weiter, ein an h ertragsfähiger Boden so stark mit Seesand vermengt ist, dafs Erndten sehr spärlich ausfallen, und die Grundbesitzer daher r in längeren Perioden ihre Felder bestellen können.

Wenn der Sandflug eine Waldung trifft, so wird er durch se unterbrochen, weil hier der Wind aufhört, und sonach keine raft vorhanden ist, die den Sand weiter treiben könnte. Der letz- re lagert sich daher am Rande des Waldes ab, und bildet hier Laufe der Zeit einen hohen Dünenrücken. Eine Waldung oder n Busch pflegt indessen seewärts immer sehr regelmäfsig und oft langer und gerader oder wenigstens in flach gekrümmter Linie

begrenzt zu sein. Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, daſs einzelne Gruppen, die vielleicht bei der ursprünglichen Besaamung darüber heraustreten, durch die andern Stämme nicht geschützt werden, vielmehr einem viel heftigeren Angriffe der Winde ausgesetzt sind, daher in der Vegetation zurückbleiben und schlieſslich absterben. Die vor einer Waldung oder einem Gebüsche abgelagerte Düne gestaltet sich daher jedesmal viel regelmäſsiger, als sonst zu geschehn pflegt. Sie bildet einen langgestreckten Rücken von ziemlich gleichmäſsiger Höhe, der auch seine Richtung nur in flacher Krümmung ändert.

An solchen Küsten, wo das Meer groſse Sandmassen absetzt, also der Strand sich von selbst stark verbreitet, und immer neue Dünenreihen vor den älteren sich bilden, kann es geschehn, daſs durch Besaamung der Wald sich auch seewärts auf jenen regelmäſsigen Sandrücken fortsetzt, und sich sogar über sie hinaus ausdehnt, und daſs alsdann beim späteren Verwehen des Sandes ein neuer Rücken in einiger Entfernung vor dem älteren sich ablagert, der, nachdem er eine gewisse Höhe erreicht hat, wieder mit Bäumen und Sträuchern sich überzieht. In dieser Weise erklären sich die oft vielfach hinter einander liegenden Sandrücken, die man zuweilen in gröſserer oder geringerer Entfernung vom Strande bemerkt.

Sehr auffallend zeigen sich dieselben am Darss, im Regierungsbezirk Stralsund, wo das von Südwest nach Nordost gestreckte Ufer in die Richtung von Westen nach Osten übergeht. Wenn man vom Saaler Bodden aus nach Darsser-Ort geht, so trifft man eine sehr groſse Anzahl solcher Sandrücken, die zwar mit festem Rasen und Kiefernwald bedeckt sind, aber sämmtlich in übereinstimmender Richtung sich hinziehn. Sie sind anfangs von Westen nach Osten gekehrt, doch nach und nach ändern sie ihre Lage, indem das westliche Ende immer mehr nach Norden vorrückt, und zuletzt nehmen sie dieselbe Richtung an, welche der Strand auf der Ostseite von Darsser-Ort gegenwärtig hat, indem sie von Nordwest nach Südost laufen. Zwischen diesen Rücken sieht man vielfach kleine Wasserflächen, deren Längenaxen wieder den Rücken parallel liegen. Die Annahme, daſs die Vegetation der weitern Ausdehnung des Ufers hier immer folgen konnte, ist insofern wohl zulässig, als dieses Ufer vor westlichen Winden durch den Hacken geschützt war, vielleicht

… der Prerow-Strom sehr reichlich den Sand herbeiführte, der … hier absetzte.

In der Nähe von Swinemünde wiederholt sich mehrfach die… Erscheinung, und zwar zum Theil noch auffallender und in …eren Dimensionen. Auf der westlichen Seite des Hafens sieht … ohnfern der See eine Anzahl Rücken hinter einander liegen, … unverkennbar das allmählige Fortschreiten des Ufers bezeich…, das auch gegenwärtig noch stattfindet. Vorzugsweise ausge…det ist diese Formation im Süden von Swinemünde in der Case…ger Forst. Hier streichen die Dünen von Süden nach Norden, …o wieder parallel zum höheren und älteren Lande, dessen öst…her Rand sich von Caminke nach Häringsdorf hinzieht. Die …ücken erheben sich hier 30 bis 40 Fufs über die anschliefsenden …äler. Auch auf der östlichen Seite der Swine wiederholt sich … Pritter dieselbe Erscheinung. Aufserdem bemerkt man sie, …n auch weniger ausgebildet, vielfach an andern Stellen in der …e der Ostsee. Die angeführten Beispiele sind so auffallend, dafs … sie in dem Preufsischen See-Atlas deutlich dargestellt findet.

Indem der Sand, so lange seine Oberfläche nicht künstlich oder … die fortschreitende Vegetation befestigt ist, vorzugsweise durch …eewinde in Bewegung gesetzt, also nach dem Binnenlande ge…n wird, so erfolgt hierdurch ein allmähliges Fortschreiten des …n Dünenterrains. In vielen Fällen und sogar gewöhnlich …t dasselbe aber nicht an Breite zu, indem es an der Seeseite …r neuen Abbrüchen ausgesetzt ist. Diese Bewegung zeigt sich nicht nur an der ganzen, mit Sand überdeckten Fläche, son… auch einzelne besonders ausgedehnte Hügel oder Berge und …gsweise die langgestreckten Rücken, die parallel zum Strande …, bewegen sich langsam nach dem Binnenlande. Wo eine … dieser Art sich ausgebildet hat, nimmt sie jedesmal eine re…ifsige Gestalt, wenigstens ein ganz geregeltes Querprofil an. …st alsdann vollkommen kahl und nirgend mit Kräutern oder …ch bewachsen. Letztere würden ihre Oberfläche fixiren und Beweglichkeit aufheben, dieses geschieht aber nicht, denn wenn …lig auf ihr eine Pflanze keimt und sich ausbildet, so wird sie … dem Winde, der über die ebene sanft ansteigende Fläche mit …r Kraft hinstreicht, sogleich wieder ausgeweht, da der Boden … ihr fortfliegt. Solche Düne gewährt namentlich bei heftigem

Sturme einen grofsartigen Anblick. Der Sand, der die Oberfläche ihrer seeseitigen Dossirung bildet, fliegt zur Krone herauf, und stürzt hinter derselben herab, indem aber immer neue Massen auf der einen Seite sich lösen, und auf der andern sich ablagern, so bewegt sich die ganze Düne, ohne ihre Form wesentlich zu verändern, nach dem Binnenlande und begräbt Alles, was sie auf ihrem Wege findet. Dieses ist die wandernde Düne.

Die Figuren 81 *a* und *b* zeigen ein zusammenhängendes Querprofil, das ich im Jahre 1832 quer über die Frische Nehrung, etwa 3 Meilen von der Spitze derselben entfernt, wenig nördlich von dem Dünenwärter-Etablissement Grofs-Bruch, gemessen habe. Dasselbe schneidet zwei solche wandernden Dünen, die hinter einander sich von der See nach dem Haff bewegten. Die der See zunächst gelegene Düne, deren Fufs 80 Ruthen vom Strande entfernt war, hatte an der westlichen oder der Seeseite eine Neigung von durchschnittlich 5° 52′ gegen den Horizont oder eine beinahe zehnfache Anlage. Auf der Landseite dagegen war die Dossirung sehr viel steiler, so dafs sie zuletzt nur etwas mehr, als zweifache Anlage hatte. Diese Düne, die sich 45¼ Fufs über den Spiegel der See erhob, bewegte sich gegen ein jüngeres Gebüsch, das sie beim Fortschreiten überdeckte. Bald dahinter erhob sich die zweite Düne, deren seeseitige Böschung noch flacher, nämlich 4° 40′ gegen den Horizont geneigt oder von 12¼facher Anlage war. Diese Düne erreichte die Höhe von 36 Fufs über dem Spiegel der See, und die vordere Böschung, die im untern Theile 26° 45′ gegen den Horizont geneigt war, trat in eine ausgedehnte und üppig vegetirende Waldung, von der sie die Bäume bis nahe an ihre Gipfel begrub.

In welcher Weise die Bewegung dieser Dünen erfolgt, lehrt der Augenschein sehr deutlich. Die ganze weit ausgedehnte seeseitige Dossirung ist sehr eben und von jeder Vegetation entblöfst. Aufserdem besteht sie nur aus dem ganz rein ausgewaschenen Seesande, dessen Körnchen jeder Verbindung unter sich entbehren, und nur lose über einander liegen. Ein mäfsiger Wind setzt sie schon in Bewegung, und indem derselbe bald von der einen, bald von der andern Seite sie trifft, so bewirkt er die Ausgleichung, die wegen der fehlenden Vegetation durch nichts verhindert wird. Die kräftigsten Winde sind diejenigen, die von der See herkommen, weil sie durch keine oder nur durch wenige und niedrige Gegenstände

geschwächt sind. Sobald diese mit einiger Stärke auftreten, so kommt die ganze Oberfläche der seeseitigen Dossirung in Bewegung. Die Sandkörnchen rollen und springen die flache Dossirung hinauf, und sobald sie diese und die Krone überschritten haben, so stürzen sie auf die landseitige Dossirung herab. Dem Einflusse des Windes sind sie hier entzogen, und indem sie nur einzeln niederfallen, so bilden sie die steilste Dossirung, in welcher der reine Sand überhaupt sich erhalten kann. Da indessen gemeinhin die stärkern Westwinde auch mit Regen verbunden sind, oder grofse Wassermassen von den aufschlagenden Wellen sich lösen und als feiner Nebel weiter getrieben werden, so sind die Sandkörnchen während ihrer Bewegung nicht ganz trocken und haften daher einigermaafsen an einander, so dafs sie eine etwas steilere Dossirung annehmen, als sie bei späterm vollständigen Abtrocknen behalten können. Hierdurch geschieht es, dafs man bei heiterer und warmer Witterung fortwährend den Sand in kleinen Massen bald hier und bald dort herabrieseln sieht. Auch das dadurch verursachte Geräusch ist neben der Düne sehr deutlich zu vernehmen.

Aus den während der Jahre von 1829 bis 1832 angestellten Beobachtungen ergab sich, dafs die zweite Düne in jedem Jahre um 18 Fufs gegen das Haff vordrang. Die Bewegung der ersten, seewärts belegenen, habe ich nicht gemessen, doch liefs sich aus der Verschüttung der Bäume deutlich erkennen, dafs auch sie in gleicher Richtung fortschritt. Indem der Sand während des Sturmes in einzelnen Körnchen herabfällt, oder bei trockner Witterung später herabrieselt und alsdann eine etwas flachere Böschung annimmt, so zerbricht er keineswegs die Bäume, welche er trifft, ja er zerknickt selbst keinen Zweig derselben und beschädigt kein Blättchen, wie man beim Aufgraben der Dossirung in ihrem obern Theile deutlich wahrnehmen kann. doch sterben die Bäume, wenn sie hoch überschüttet sind, mit der Zeit ab. Auf der Krone der zweiten Düne sah man Gebüsche von verschiedener Höhe, die am vorderen Rande meist noch belaubt und frisch waren und zum Theil sogar ein recht kräftiges Ansehn hatten. Dieses verschwand aber in der Richtung nach der See immer mehr. Bald sah man nur abgestorbene kleine Stämme und endlich waren auch diese verrottet und vom Winde abgebrochen, so dafs der hintere Theil der Krone eben so kahl, wie die anschliefsende Dossirung war. Diese Gebüsche, die oben stan-

den, waren nichts andres, als die Wipfel der versandeten Bäume, und es war zugleich sehr augenfällig, wie dieselben noch längere oder kürzere Zeit hindurch vegetirten. Die Kiefer wurde jedesmal zuerst angegriffen und starb am schnellsten ab. Die Birke, die Pappel und selbst die Eiche erhielten sich länger, am längsten dauerte aber die gewöhnliche Eller (betula alnus glutinosa), die mehrere Jahre hindurch noch kräftig fortwuchs und frische Zweige trieb, bis auch sie endlich abstarb. Dieses geschah vielleicht nur deshalb, weil sie nach dem Verschwinden aller übrigen Wipfel in ihrer Nachbarschaft isolirt zurückblieb und dadurch dem Angriffe der Stürme ganz bloſsgestellt wurde.

Die Waldungen, die in dieser Art vom Sande begraben werden, kommen nach einer längeren Reihe von Jahren wieder zu Tage. In gleichem Maaſse, wie die vordere steile Böschung vorrückt, bewegt sich auch die hintere flache in gleicher Richtung. Die Oberfläche der letzteren wird in dünnen Schichten abgehoben, während der innere Kern unbewegt an seiner Stelle bleibt, bis er selbst die hintere Oberfläche bildet und alsdann gleichfalls nach und nach abgeschält wird. Die in ihm steckenden Baumstämme treten alsdann wieder vor, aber sie sind so verrottet, daſs ihnen alle Festigkeit fehlt. Das Holz in vollem Wachsthume wurde plötzlich hoch mit Sand überdeckt, es trat also eine Stockung der Säfte ein, welche die Fasern zerstörte. Die Rinde leidet dabei am wenigsten und bildet sonach eine cylindrische Umhüllung, welche das Eintreten des Sandes verhindert. Im Innern derselben bemerkt man ein zellenförmiges Gefüge, dessen Zwischenwände vergleichungsweise gegen die groſsen, sternförmig gruppirten offenen Zellen überaus dünne und zugleich von so wenig Consistenz sind, daſs man sie nur mit der gröſsten Vorsicht anfassen darf, weil sie unter dem leisesten Drucke brechen.

Nach heftigen Stürmen, also zur Zeit, wenn die hintere Dossirung so eben aufs Neue abgeschält ist, sieht man hin und wieder die Stämme 1 bis höchstens 2 Fuſs darüber hervorragen. Wenn sie auf gröſsere Längen entblöſst werden, so brechen sie unter dem Drucke des Windes ab, und werden wie der Sand auf und über die Krone fort getrieben, wobei sie jedoch groſsentheils zerbröckeln und nur an den übrig gebliebenen Scherben der Rinde zu erkennen sind. Durch vorsichtiges Aufgraben kann man leicht den Zu-

es Holzes erkennen, denn die vortretenden Köpfe der Stämme
desmal so vollständig mit Sand angefüllt, dafs die Zellen gar
sichtbar werden. Diese Stämme geben wieder Veranlassung
ner eigenthümlichen Gefahr, die bei der mäfsigen Stärke der
hütteten Bäume für den Fufsgänger zwar nicht von Bedeutung
ber beim Reiten geschieht es leicht, dafs das Pferd auf einen
en mit Sand überwehten Stamm tritt, und indem sein Fufs hier
en Halt findet, so ist der Bruch desselben kaum zu vermeiden.
Ich habe diese auffallende und gewifs grofsartige Erscheinung
wandernden Dünen so ausführlich beschrieben, weil hoffentlich
l kein Beispiel derselben an unserm Ostsee-Strande noch aufzu-
en sein wird, und vielleicht schon gegenwärtig keines mehr exi-
t. Die Dünen, deren Profil ich mittheilte, haben ihre Formen
ar ohne Zweifel im Allgemeinen erhalten, sie sind aber vollstän-
mit Busch und Kiefernschonung überzogen, ihre Bewegung hat
schon seit einigen Jahrzehenden aufgehört.

Fig. 82 zeigt das Profil einer andern Düne auf dem südwest-
en Theile der Frischen Nehrung. Diese ist bedeutend höher,
jene. Sie beginnt in ihrer ziemlich regelmäfsigen Ausbildung
a $1\frac{1}{4}$ Meilen östlich von der neuen Ausmündung der Weichsel
zieht sich auf $2\frac{1}{2}$ Meilen Länge vor dem Danziger Stadtwalde
gegen Vogelsang hin, woselbst sie vielfach unterbrochen sich in
egelmäfsigen Dünenhügeln verliert. Es ist dieselbe Düne, von der
n Krause*) spricht, und von der er zwei Profile mittheilt. Als
dieselbe vor etwa dreifsig Jahren sah, war ihre flache seeseitige
chung grofsentheils bereits mit Strandgräsern und Weidenstrauch
lanzt, beide schienen indessen so wenig zu gedeihen, dafs sehr
eutende Ausbesserungen und Nachpflanzungen in jedem Jahre
ig waren, und nirgend zeigte sich damals eine Spur von Vege-
on, die von selbst oder durch Ausbreitung der künstlichen An-
nzung entstanden wäre. Gegenwärtig hat sich dieses sehr vor-
lhaft geändert, und wenn ohne Zweifel auch jetzt noch zufällig
che Blöfsen sich bilden, die man aufs Neue decken mufs, so
sich doch bis zur Krone hinauf, die nach dem mitgetheilten
file 119 Fufs über dem Spiegel der See liegt, eine zwar dürftige
r doch hinreichend kräftige Vegetation gebildet, um bei Stürmen

*) Der Dünenbau von G. C. A. Krause. Berlin 1850. pag. 12.

den Sand vor dem Forttreiben zu sichern, und zugleich dieje
Sandmassen aufzufangen, welche vielleicht von der See aus
aufgeweht werden. Auch selbst die landseitige sehr steile Doss
die früher ganz kahl war, ist gegenwärtig, wenn auch nur sp
doch mit Strandgräsern und Weidengesträuch bewachsen. K
erwähnt, dafs diese Düne im Zeitraume von 23 Jahren, jährlich
mehr als 1 Ruthe in den Wald vorgerückt sei.

Das hier mitgetheilte Profil habe ich im Jahre 1862 an
Stelle, wo die Düne die gröfste Höhe hatte und zugleich am re
mäfsigsten gestaltet war, aufgenommen, nämlich bei dem Dorfe
keracker, 3½ Meilen in östlicher Richtung von Danzig entfernt. D
Aufnahme beruht aber nicht auf einem vollständigen Nivelle
vielmehr wurde sie nur mit der Schmalkaldenschen Boussole
mit dem Mayerschen Patent-Gefällemesser*) gemacht, während
Längen durch Abschreiten bestimmt wurden. Die seeseitige
schung der Düne war durchschnittlich 5½ Grade, und die steile l
seitige 31½ Grade gegen den Horizont geneigt, jene hatte also
und diese 1⅗fache Anlage.

Beim Durchstreifen der Nehrung mafs ich wiederholentlich
steilsten landseitigen Dossirungen der Dünen, indem ich zu wiss
wünschte, in welcher Neigung gegen den Horizont dieselben s
wohl dauernd erhalten könnten. Die vorstehend angegebenen Maß
wurden sehr oft an einzelnen Stellen überschritten. Die grö
Neigung, die ich fand, betrug 41 Grade. Sie lag sehr geschützt v
Winden in einem dichten Gebüsche und war mit Moos und Farn
kräutern überzogen. Ihre Höhe betrug etwa 20 Fufs.

Welche Zerstörungen solche wandernde Dünen veranlassen,
giebt sich aus mehrfachen Thatsachen. Von älteren Personen wu
mir erzählt, dafs sie das Dorf Polski auf der Frischen Nehru
(dem Städtchen Braunsberg gegenüber) als eine lang ausgedeh
Häuserreihe mit dazwischen liegenden Gärten und umschlossen
Wiesen und Gebüschen in ihrer Jugend gekannt hätten. Gege
wärtig stehn zwei Gruppen von wenigen Häusern weit von einand

*) Dieses kleine Instrument, auf dessen Anfertigung der Ober-Geome
Mayer in Carlsruhe ein Patent erhalten hat, ist zu ähnlichen Aufnahmen ab
aus bequem, doch mufs darauf aufmerksam gemacht werden, dafs der Verfertig
wenn nicht bei der Bestellung die übliche Eintheilung des Kreises verlangt wi
die veraltete französische Centesimal-Eintheilung wählt.

· Es sind die beiden Enden des ehemaligen Dorfes, denn ne ist dazwischen getreten und hat den mittleren Theil ver- . Dieselbe blieb aber hier nicht stehn, sondern setzte ihren s in das Haff fort, wo sie einen Hacken bildete, der früher cistirt hatte. Einige Meilen weiter, in der Richtung nach , trifft man auf die Stellen, wo im vorigen Jahrhundert zwei nämlich Klein-Voglers und Schmergrube standen, die gänz- schwunden sind.

ı Vorstehenden sind die Erscheinungen auf der Frischen Neh- eschrieben, es mögen hier noch einige Thatsachen mitgetheilt , die Brémontier in seiner sehr interessanten Abhandlung ie Dünen im südlichen Frankreich im Jahre 1780 bekannt *).

rischen den Mündungen des Adour und der Gironde befindet ie sehr ausgedehnte Dünenstrecke, die 31 Deutsche Meilen ind durchschnittlich zwei Drittel Meilen breit ist. Die Höhe fgewehten Sandmasse wird auf 9 Toisen oder 56 Rheinlän- Fuſs angegeben. Das Meer bricht von Jahr zu Jahr das 'eiter ab. Das Fort Cantin, zwei Stunden von Teste entfernt, 1754 im Abstande von mehr als 100 Toisen (52 Ruthen) vom erbaut, 1780 war es bereits von den Wellen verschlungen. an, an der Mündung der Gironde, gehörte früher zum festen seit langer Zeit war es bereits eine Insel geworden.

ie Beschreibung der Dünen stimmt in vielen Einzelnheiten mit der Frischen Nehrung überein. Ein flacher und breiter Strand, m sich oft Triebsand bildet, begrenzt sie. An diesen schlie- ch die unregelmäſsigen Hügel und Höhenzüge mit ihren tie- nrissen und Thälern an, und sie sind hier eben so veränder- wie bei uns. Die Vegetation stimmt genau mit derjenigen n, die auf und zwischen unsern Dünen sich vorfindet. Wei- ordnen sich die Sandablagerungen zu langen Rücken, die el mit dem Strande sich hinziehn, und in das Binnenland fort- ten. Diese Erscheinung beschreibt Brémontier sehr ausführ- Er sagt: die Körnchen hüpfen die seeseitige Dossirung hinauf,

) In den Annales des ponts et chaussées 1833. I. pag. 145 ff. findet man bhandlung, mémoire sur les dunes, mit vielfachen spätern Mittheilungen lenselben Gegenstand.

indem sie sich nie höher als 3 bis 4 Zoll über die Sandfläche erheben. Er meint, dafs jedesmal nur die vorher gelockerte Oberfläche angegriffen wird, und dafs die darunter liegende Sandmasse durch beigemengte Thontheilchen gebunden sei, daher erst durch Regen oder starken Nebel gelöst werden müsse, bevor sie ein Spiel des Windes werden kann. Dieses ist bei unsern Dünen nicht der Fall, auch die Neigungen der beiderseitigen Dossirungen werden viel gröfser angegeben, als sie bei uns vorkommen. Es wird nämlich gesagt, dafs die seeseitige Böschung 10 bis 25 Grade und die landseitige 50 bis 60 Grade gegen den Horizont geneigt sei. Beide Angaben sind wohl mehr, als zweifelhaft, oder man müfste annehmen, dafs der Sand wirklich sehr thonhaltig wäre. Dieses ist aber kaum glaublich, da die Dünen noch schneller, als bei uns, fortschreiten sollen, was eine gröfsere Beweglichkeit des Sandes voraussetzt. Brémontier sagt, die Dünen rücken in jedem Jahre durchschnittlich 10 Toisen oder 62 Fufs vor, und er erwähnt, dafs er selbst gesehen habe, wie einst eine Düne im Laufe einer Stunde um mehr als 2 Fufs sich fortbewegt habe. Endlich werden mehrere Beispiele der dadurch angerichteten Verwüstungen mitgetheilt, und namentlich die Waldungen benannt, die unter ihnen begraben und verschwunden sind, wie auch die Zerstörung eines Dorfes mit seiner Kirche.

Um die Beschreibung der Dünen, wie sie in ihrem natürlichen Zustande sich darstellen, zu vervollständigen, müssen noch die Pflanzen erwähnt werden, die man auf ihnen findet und die beim Dünenbau vorzugsweise von Wichtigkeit sind.

Unter diesen ist zuerst der Strandhafer oder das Sandrohr auch Helm genannt zu erwähnen (arundo arenaria), das sich vorzugsweise auf den Dünen neben der See vorfindet und oft grofse Stellen derselben überzieht. Die steifen, schmalen schilfartigen Blätter, die bis 2 Fufs lang werden, enden in eine scharfe Spitze, sind von mattgrüner Farbe und selbst wenn sie in vollem Wachsthume sich befinden, ganz dürre. Bei ihrer zähen und lederartigen Beschaffenheit lösen sie sich nicht beim Absterben, sondern hängen noch mehrere Jahre hindurch an dem Stamme. Die ährenförmige Rispe steht auf dem Halme nahe senkrecht, und die Seitenzweige, die jedoch nur aus dem Wurzelknoten ausschiefsen, behalten gleichfalls diese Richtung, woher die Pflanze selbst unter der günstigsten

iden sich nur wenig seitwärts ausbreitet. Sie erreicht die
ron 1 bis 2 Fufs, doch entwickeln sich nur neue Triebe, wenn
ich mit Sand überweht ist. Geschieht dieses nicht, so vege-
: nur, ohne neue Blätter oder Zweige zu treiben, und stirbt
m ab. Es ergiebt sich hieraus, dafs der Sandhafer vorzugs-
geeignet ist, den fliegenden oder den von der See frisch
rorfenen Sand aufzufangen. Wenn er während des Herbstes
Vinters von diesem so hoch überschüttet ist, dafs die Spitzen
lättchen nur noch wenige Zolle darüber hervorragen, so ent-
lt sich im Frühjahre sehr kräftig der neue Trieb, die Pflanze
t wieder empor und treibt frische Blätter und Seitenzweige,
ſs sie im nächsten Winter wieder grofse Sandmassen auffängt
ber sich ablagert. Als einst ein Hügel, der auf diese Weise ohn-
er Spitze der Frischen Nehrung sich gebildet hatte, während eines
es von den Wellen erreicht und abgespült war, lagen die ein-
Pflanzen auf dem neuen Strande, in welchem grofsentheils
Vurzeln eingewachsen waren. An der Länge der entblöfsten
ln konnte man erkennen, dafs sie nach und nach etwa 14 Fufs
n dem von ihnen aufgefangenen Sande aufgewachsen waren,
. Abständen von etwa 9 Zoll bemerkte man Knoten, die im-
eue Wurzelfasern getrieben hatten. Ein anderer Vorzug die-
anze, der unter Umständen von grofser Bedeutung ist, bezieht
rauf, dafs das Vieh sie nicht frifst, sie also vor den Zerstö-
ı gesichert ist, welche die Viehweide sonst in den Dünen ver-
t.

ichts desto weniger mufs man beim Anpflanzen des Sandroh-
ch in mancher Beziehung vorsichtig sein. Zunächst gedeiht
: im reinen Sande und wenn eine dünne Lage desselben, die
esthalten will, auf Thonboden ruht, so wächst es nicht an.
rbt auch ab, wenn es oft und anhaltend vom Wellenschlage
ht wird. Vorzugsweise ist es aber unbrauchbar und vertritt
ie Stelle von eingesteckten Strohbüscheln, wenn es dem Sand-
entzogen wird. Aus diesem Grunde ist es zur Sicherung der
n Dossirungen der Binnen-Dünen, sobald dieselben hierdurch
legt werden, von wenig Nutzen. Es ist aber in diesem Falle
schädlich, insofern die langen steifen Blätter neben dem
ie knicken und nunmehr, indem der Wind sie hin und her
fortwährend mit der harten Spitze im Sande wühlen. Sie

ziehen dabei kreisförmige Furchen rings um sich, die sich oft zu vollen Kreisen ausbilden und jeden Keim einer andern Pflanze in ihrem Bereiche durch das Auskratzen des Sandes lösen. So hatte ich einst eine kahle Fläche, die ziemlich geschützt lag, durch Anpflanzung von Strandhafer gegen das weitere Verwehen gesichert, und als ich darin Kiefern säete, so wuchsen dieselben im ersten Jahre ganz nach Wunsch auf, während des Winters wurden aber durch diese Blätter ihre Wurzeln entblöfst und der Wind trieb die kleinen Pflänzchen fort. Endlich wäre noch zu erwähnen, dafs dieses Gras auch insofern schädlich ist, als es beim Auffangen des Sandes die Unregelmäfsigkeit der Dünenbildung wesentlich befördert, so lange es nur stellenweise aufgekommen und nicht gleichmäfsig gepflanzt ist.

Eine zweite Pflanze, die beim Dünenbau gleichfalls von grofser Bedeutung ist, ist der Strandweizen (elymus arenarius). Er unterscheidet sich von dem Strandhafer sehr augenfällig dadurch, dafs seine Blätter, die etwa 9 Linien breit und 1½ Fufs lang sind, eine frische grüne Farbe haben, sich auch beim Anfassen viel saftiger zeigen, und nicht senkrecht aufstehn, vielmehr flach auf dem Boden liegen. Die Aehre, auf einem etwa 3 Fufs hohen Halme stehend, erreicht die Länge von gegen 6 Zoll und sieht der des gewöhnlichen Hafers nicht unähnlich.

Der Strandweizen ist besonders insofern sehr wichtig, als er unter solchen Verhältnissen gedeiht, unter denen der Strandhafer abstirbt, er kann aber wiederum auch diesen nicht ersetzen, wenn die localen Verhältnisse für den letzteren günstig sind. Im Allgemeinen fordert er mehr Feuchtigkeit, als dieser, in der Höhe von 10 Fufs über dem Wasserspiegel des Meeres oder darüber wächst er nicht mehr kräftig an, dagegen leidet er nicht, wenn auch die Wellen zuweilen längere Zeit hindurch über ihn fortschlagen, doch dürfen sie natürlich nicht den Sand unter ihm ausspülen. Diese Verschiedenheit giebt sich schon sehr auffallend dadurch zu erkennen, dafs man auf den natürlichen Sandablagerungen ihn vorzugsweise am Fufse der Dünen, also auf dem höheren Theile des Strandes vorfindet, während die Düne selbst sich mit Strandhafer überzieht. Auch ein thoniger Untergrund behindert ihn nicht, wenn derselbe nur wenigstens 1 Fufs hoch mit Sand überdeckt ist. Sobald man ihn aber auf höheren Flächen anpflanzt, so gedeiht er

sonders leidet er, wenn frischer Sand ihn ganz über-
kann ihn also nur anwenden, um den niedrigen Fufs
halten, und sobald der Boden sich hinreichend erhöht,
ı durch Strandhafer ersetzen. Vor dem Letzteren hat
wesentlichen Vorzug, dafs er Seitentriebe wirft, die
ln, wodurch er bald gröfsere Flächen dicht überzieht.
illen, wo die Viehweide in den Dünen gestattet ist,
ıpflanzung in sofern höchst bedenklich, als er ein sehr
er bildet, und sowol das Hornvieh, als auch vorzugs-
dovon nicht abzuhalten sind, und die Anpflanzungen
aafse beschädigen.

ge Vegetation auf dem Strande selbst, wie auch auf
legt sich mit Ausnahme des Weidenstrauches, von dem
de sein soll, nur in vereinzelten Pflanzen zu zeigen.
·en zunächst dieselben Gewächse, welche den Groden
ler Bildung begriffenen Marschboden überziehn (§ 14).
ı Kali, als auch Salicornia herbacea findet man nicht
immer nur vereinzelt, auf dem Strande, wenn dieser
reinem Seesande besteht. Die Sternblume (aste tri-
t sich dagegen häufiger und bildet selbst gröfsere

lkraut (arenaria peploïdes) findet man häufiger. Die-
war sehr kleine aber überaus zierlich gebaute Pflanze,
inen eiförmigen dicken Blätter sich kreuzweise gegen-
der Zweig, woran sie sitzen, eine ganz regelmäfsige
·amide bildet. Man sieht oft Flächen von etwa 100
usdehnung damit überzogen. Ihre vielfachen Wurzeln
be scheinen den Sand sehr gut zu halten, doch sind
als künstlich angepflanzt worden.

len Veilchen (viola canina) und dem Stiefmütterchen
parviflora) begegnet man auch sehr häufig auf ganz
ichen. Dasselbe ist der Fall mit der Seedistel
ritimum), die mit ihren blauen ganz steifen, und mit
zten Blättern im reinen Sande oft einen 3 bis 4 Fufs
bildet. Endlich wäre noch der grofsblättrige Huflat-
petasites) zu erwähnen, der sich jedoch vorzugsweise
ŗem Untergrunde findet. Er ist besonders vor hohen
Thonufern von grofser Wichtigkeit, indem er den

Fufs derselben mit seinen sehr grofsen Blättern vollständig überdeckt und den darauf getriebenen Sand sehr sicher festhält. Doch kommt derselbe zuweilen, jedoch alsdann immer nur vereinzelt, auch an solchen Stellen des Strandes vor, die aus reinem Seesande bestehn.

Die vorstehend genannten Pflanzen sind diejenigen, die man auf dem Strande selbst und auf kahlen Dünen am häufigsten antrifft, ich mufs dabei aber erwähnen, dafs ich aufs Aeufserste überrascht war, eben diese Pflanzen und zwar in demselben Verhältnisse ihres Vorkommens, und ohne dafs ich irgend eine andere dazwischen entdecken konnte, am Strande des Mittelländischen Meeres auf der südlichen Küste von Frankreich wieder zu finden. Bei Port d'Agde, zwischen Cette und Béziers, an der Mündung des Herault, wo man die Festlegung der Dünen versuchte, überzeugte ich mich hiervon, und die Mittheilungen in den Französischen Zeitschriften über die Dünen zwischen dem Adour und der Gironde, besagen, dafs auch dort die Flora genau dieselbe ist. Der Unterschied von 11 Breitengraden hat also keinen Einflufs auf die Vegetation am Meeresstrande. Bei den Dünen-Culturen selbst trat ein solcher freilich sehr auffallend hervor. Während man bei uns Kiefern sät, fand ich am Mittelländischen Meere Schonungen von Pinien und Tamarinden.

Im Innern der Dünen und zwar vorzugsweise in den Thälern, doch auch vielfach auf den Abhängen der Kuppen und auf diesen selbst, soweit sie nicht den Stürmen ganz blofsgestellt sind, findet sich häufig ein Gras, welches ganz besonders zur Festlegung der Dünen beiträgt. Dieses ist die Sandegge oder das Sandriedgras (Carex arenaria). Seine Blättchen sind nur etwa 3 Zoll lang, aber diese Pflanze zeichnet sich aus durch die langen Seitentriebe, die sie in allen Richtungen verbreitet. Man sieht häufig auf dem kahlen Sande, dafs diese Triebe einer neuen Pflanze sich in sechs Strahlen umher ziehn, und jeder hat in Entfernungen von 4 bis 6 Zoll einen Knoten, der wieder Wurzeln und Blättchen treibt, also eine selbständige Pflanze bildet. Letztere leidet aber nicht, wenn zufällig unter ihr der Sand fortweht, also die Wurzel entblöfst wird, denn die Stiele, die zu den andern herüberreichen, geben ihr die nöthige Nahrung. In einem Sommer überzieht eine einzige solche Pflanze oft eine Quadratruthe Oberfläche, und durch die neuen Sei-

triebe bildet sich in den nächsten Jahren ein ganz dichter und ter Rasen aus. Ich liefs einst dieses Gewebe von Wurzeln aushn und in kleine Stücke zerschneiden. Die letzteren wurden in rchen im kahlen Sande ausgestreut und überzogen denselben bald it zahlreichen Ranken.

Was die Sträucher betrifft, die man auf den Dünen findet, so issen, abgesehn von den wilden Rosen, die immer nur vereinzelt rkommen, vorzugsweise verschiedene Weiden-Arten genannt rden. Hauptsächlich ist es die Sandweide (salix arenaria), die ch dem Strande am meisten nähert, und auf die Dünenbildung t einen wesentlichen Einflufs ausübt, wie schon bemerkt wurde. ie hat breite zugespitzte Blätter, die auf der obern Seite dunkelrün, auf der untern dagegen mit Haaren dicht besetzt, fast weifs nd. Sie pflegt nur eine mäfsige Höhe zu erreichen, vegetirt aber m so kräftiger, je höher sie mit Flugsand überdeckt wird.

Sehr ähnlich ist ihr in der ganzen Erscheinung eine andere Teide (salix daphnoïdes), deren Zweige von dunkelrother Farbe sind, ber bei frischen Seewinden sich wie Pflaumen mit blauem Reife berziehn, der bei der Berührung sogleich abgewischt wird und verhwindet. Oftmals sah ich, dafs diese Weide, wenn sie während s Winters ganz mit Sand überdeckt war, Schöfslinge trieb, die s 10 Fufs hoch waren.

Auch die Korbweide (salix viminalis) findet sich häufig auf den ünen, so wie viele andre, mehr oder weniger bekannte Arten derlben. Ich erwähne unter diesen nur noch die kleine Silberweide alix rosmarinifolia), die kaum 1 Fufs hoch über den Boden sich hebt und nur in Niederungen bleibt, welche bereits durch Riedas festgelegt sind. Sie verbreitet sich aber hier in weiten Fläen so sehr, dafs sie jede andere Vegetation verdrängt.

Es ist überflüssig, von den verschiedenen Bäumen zu sprechen, e auf den Dünen fortkommen, weil in mäfsiger Höhe und auf m bereits festgelegten Seesande wahrscheinlich jeder Baum wächst. uf der Frischen Nehrung sieht man Birken, Ellern, Pappeln, Eien, Akazien und viele Andre. Die Eller oder Else scheint wischen den Dünen vorzugsweise zu gedeihen und zwar eben sool die gemeine (alnus glutinosa), wie auch die weifse Eller (alus incana). Man trifft sie aber nicht nur in den Niederungen, ondern selbst auf Abhängen, und auf höher belegenen Sandflächen

wächst sie leichter an, als jeder andre Baum. Ihre Cultur ist auch in sofern sehr wichtig, als der dichte Schatten, den sie um sich verbreitet, Veranlassung giebt, daſs der Boden sich sehr schnell mit einer Grasnarbe überzieht, was bei der Birke und Weide nicht geschieht, oder doch nicht durch die Anpflanzung derselben veranlaſst wird. Die älteren Dünen, die in früheren Zeiten gebildet und durch neue Ablagerungen vom Meere weiter entfernt sind, sieht man jedesmal mit Kiefernwaldungen überzogen. Bei der Dünen-Cultur verfolgt man auch vorzugsweise den Zweck, Kiefernschonungen auf den Sandflächen aufzubringen.

Schlieſslich muſs noch darauf aufmerksam gemacht werden, daſs der ganz reine Seesand keineswegs so unfruchtbar ist, als man glauben sollte. Die Vegetation darauf wird unbedingt durch die feuchte Luft, in Folge der Nähe der See, wesentlich begünstigt, auſserdem hat aber auch vielleicht die vielfache Berührung mit der Luft den Sandkörnchen einen Theil ihrer Sterilität benommen. Sobald eine Niederung zwischen den Dünen gegen Sandflug geschützt ist, und auſserdem von den rauhen Winden nicht getroffen wird, so entwickelt sich darauf eine sehr kräftige Vegetation. Gemüse aller Art, so wie auch fruchttragende Sträucher, wachsen darauf und auf den Dünen in Frankreich ist der Weinbau wiederholentlich mit Erfolg versucht worden.

§ 26.

Die Vordüne.

Aus vorstehender Beschreibung ergiebt sich, daſs die unbefestigten Dünen nicht nur an sich beinahe ganz werthlos, sondern auch für die angrenzenden Fluren höchst gefährlich sind. Die Jagd, sowie eine spärliche Viehweide bieten allein einigen Ertrag von solchem Terrain. Durch letztere wird jedoch der Boden immer wieder aufgelockert und Verwüstungen an denjenigen Stellen aufs Neue veranlaſst, wo vielleicht die Sandfläche mit einiger Vegetation sich bereits überzogen hatte. Dieses Dünenterrain hat keine abgeschlossene Grenze, sich selbst überlassen, dehnt es sich vielmehr landwärts immer weiter aus. Theils begraben die wandernden Dünen unter

ih die Waldungen, theils aber fliegt der Sand in weite Ferne und
zstört die Fruchtbarkeit der Aecker und Wiesen, bis er sie end-
ih in kahle Sandsteppen verwandelt, deren schädliche Wirkungen
ich nunmehr wieder weiter verbreiten. Endlich kommt noch hinzu,
afs auch der Meeresstrand im Allgemeinen immer weiter zurück-
weicht und der vordringenden Düne folgt.

Durch den dauernden Abbruch des Ufers werden grofse Sand-
massen gelöst, die aber nicht in die Tiefe des Meeres versinken,
sondern an dieser oder an einer andern Stelle wieder aufs Ufer ge-
worfen werden, und indem sie die Bildung neuer Dünen veranlas-
sen, mit dazu beitragen, die dahinter liegenden Flächen zu versan-
en. Den ferneren Abbruch der Ufer mufs man daher sicher
erhindern, wenn man das Uebel in seiner Wurzel angreifen und
auernde Erfolge herbeiführen will. Dieses Ziel ist in sehr vielen
nd gewifs in den meisten Fällen dadurch leicht zu erreichen, dafs
man eine Vordüne schafft, die dauernd den aus der See aufge-
worfenen Sand aufnimmt und zugleich das dahinter liegende Ufer
der die Dünen gegen ferneren Abbruch schützt, so wie auch von
denselben den Sandflug abhält. Obwohl man gewöhnlich auf die
Bildung und dauernde Instandhaltung der Vordüne wenig Aufmerk-
samkeit verwendet, so wird sich doch aus den folgenden Mitthei-
lungen ergeben, dafs gerade hierdurch die günstigsten Resultate und
die vollständige Festlegung und Cultur der dahinter belegenen Dü-
nen gelungen ist. So oft der Strand keinem besonders starken An-
griffe ausgesetzt ist, läfst sich die Vordüne mit sehr geringen Mit-
teln darstellen. Wahrscheinlich machen nur vortretende Uferecken
hiervon eine Ausnahme, die also durch unmittelbare Deckung oder
durch Einbaue geschützt werden müssen. Auf der Frischen Neh-
rung, soweit die Bildung der Vordüne versucht ist, war dieselbe
jedesmal sehr leicht darzustellen und zu erhalten.

Gewöhnlich versteht man unter Dünenbau nur die Festle-
gung und Cultur der kahlen Sandflächen, und obwohl man ohne
Zweifel hierdurch zuweilen sehr befriedigende Resultate erreicht und
ausgedehnte Gebüsche und Waldungen geschaffen hat, so bleiben
diese Anlagen doch in ihrer Existenz bedroht, so lange das Meer
ihnen immer näher rückt und immer frische Sandmassen vom Strande
her darauf geworfen werden. Wenn aber endlich das Vorufer so
weit verschwunden ist, dafs die Wellen den Waldboden wieder er-

reichen und Theile desselben mit den darauf stehenden Bäumen herabstürzen, so glaubt man dem ferneren Abbruche dadurch Einhalt zu thun, dafs man das Ufer abgräbt und es mit einer flachen Dossirung versieht, die gemeinhin noch mit Strandgräsern bepflanzt wird. Hierdurch wird indessen nichts erreicht, denn wenn die Dossirung auch genügend wäre, um im Binnenlande den Absturz des Hochufers zu hindern, so hat sie nicht entfernt die nöthige flache Anlage, um dem Wellenschlage zu widerstehn. Gleich nach den ersten Stürmen sieht man gewöhnlich in solchen Fällen, dafs diese Böschung, wenn sie auch 2 und selbst 3füfsig abgegraben war, im untern Theile ganz verschwunden und stellenweise bis zu grofser Höhe steil abgebrochen ist. Es entsteht sogar oft die Frage, ob die Abbrüche nach solcher kostspieligen Abflachung nicht noch stärker geworden sind, als sie früher waren. Dasselbe Experiment pflegt indessen nach Verlauf einiger Jahre aufs Neue und mit gleichem Erfolge wiederholt zu werden. Zuweilen versucht man auch, durch starke Zäunungen, die in den verschiedensten Richtungen gezogen werden, einen sichern Uferschutz zu erreichen. Mit Verwunderung habe ich mehrfach die eigenthümlichen Configurationen dieser Werke gesehn, die wahrscheinlich vorzugsweise strategischen und fortificatorischen Reminiscenzen ihren Ursprung verdankten, aber jedesmal eben so erfolglos, wie die künstlichen Böschungen waren.

Augenscheinlich ist es nicht nur die Aufgabe, das bestehende Ufer gegen ferneren Abbruch zu sichern, sondern man mufs auch den aus der See ausgeworfenen Sand unmittelbar am Strande auffangen, damit er nicht weiter landwärts fliegt. Durch Letzteres wird aber auch der erste Zweck am sichersten erreicht und die Cultur der Sandflächen so sehr erleichtert und vorbereitet, dafs sie im Laufe der Zeit von selbst erfolgt. Aufserdem erreicht man hierdurch noch den grofsen Vortheil, dafs die Quantität des am Strande treibenden Sandes sich wesentlich vermindert, also auch die Hafenmündungen in der Nähe weniger der Gefahr der Versandung ausgesetzt sind (§ 12).

Aus den vom Meere ausgespülten Sandmassen bildet sich die Vordüne. Die Darstellung und Erhaltung derselben berührt nicht die Forstcultur, gehört also ausschliefslich dem Wasserbau an. man bemerkt auch nicht leicht, dafs auf sie einige Aufmerksamkeit ver-

st wird, so lange der Dünenbau in den Händen von Forst-
ern ist.

Ueber die Bildung des Strandes ist bereits früher (§ 5)
rlich gesprochen worden. Die Wellen laufen auf ihn auf und
ufgeworfene Wasser, soweit es sich nicht in den Boden ein-
fliefst auf ihm wieder nach der See zurück. An der Stelle,
wo zurückfliefsende Wasser der neuen Welle begegnet, wird
und von tieferem Wasser begrenzt. Ist seine Breite hin-
l grofs, dafs die Welle darauf hin und zurück laufen kann,
der neuen Welle begegnet, so wird der Strand, so wie
dahinter belegene Ufer nicht angegriffen, obwohl die ganze
ndschicht von jeder einzelnen Welle in Bewegung gesetzt
und her getrieben wird. Die losen Sandkörnchen fallen
die Tiefe herab, im Gegentheil wirft die neu anlaufende
ch Sandmassen herauf, die sie von den Ablagerungen im
Wasser gelöst hat.

t diese Bedingungen erfüllt werden, mufs der Strand
nefsne Höhe und Neigung gegen den Horizont haben.
Höhe betrifft, so kommen dabei vorzugsweise die Was-
der See in Betracht, die sich zur Zeit des stärksten Wel-
s darstellen. Sie pflegen alsdann um einige Fufs über die
ien sich zu erheben und so geschieht es, dafs bei schwa-
len der Strand trocken bleibt und selbst bei stärkeren
einer ganzen Breite überspült wird. Dafs die Neigung
les sehr geringe sein mufs, ist schon bei Gelegenheit der
5) erwähnt worden. Sobald sie steiler wird, so greift die
e Welle ihn an, und es bildet sich in ihm eine scharfe
sehr schnell weiter landwärts rückt. Aus den mit der
ie angestellten Beobachtungen ergab sich schon als Mini-
Neigung von 1 : 10 und in einem Falle stieg sie schon
: 14. Die auf der Frischen Nehrung gemefsnen Profile
h viel flachere Böschungen, nämlich das Profil Fig. 81 hat
das Profil Fig. 82 sogar 1 : 33. Bei wiederholten Mes-
s Strandes an andern Stellen, wo er sich regelmäfsig aus-
ıtte, fand ich niemals eine Stelle, wo er steiler, als 1 : 20
äre. Wollte man also durch Abgraben des Ufers einen
rand bilden, so müfste man wenigstens dieses Maafs

Demnächst darf der Strand aber auch nicht gar zu flach sein, oder in diesem Falle mufs seine Breite um so gröfser werden. Nimmt aber ein niedriger Strand die horizontale Lage an, oder senkt er sich gar vor dem dahinter liegenden höheren Ufer, wie nicht selten geschieht, so wird dieses Ufer bei starkem Wellenschlage jedesmal getroffen, und bricht also ab.

Das Profil des Strandes, wenigstens seine Neigung, wenn auch nicht seine Breite, hängt indessen nicht allein von den Wellen, sondern zum Theil auch unmittelbar von der Einwirkung des Windes ab. Die feineren oder gröberen Sandkörnchen sind, sobald sie trocken werden, ein Spiel des letzteren, und nicht nur diejenigen Winde, welche mehr oder minder zur Küste parallel gerichtet sind, sondern auch schwächere Seewinde, die noch keinen erheblichen Wellenschlag veranlassen, treiben sie vor sich her. Treffen die letzteren gegen ein hohes Ufer, so entsteht davor ein Luftdruck, der den Sand in die Höhe treibt, und seine Ablagerung unmittelbar vor der steilen Wand nicht gestattet. Noch augenfälliger ist diese Erscheinung, wenn der Wind etwas schräge und selbst wenn er ganz parallel zum Ufer gerichtet ist. Es bilden sich alsdann vollständig Rinnen vor dem letzteren aus, deren Einsenkung man sehr deutlich wahrnimmt. Man sieht oft vor solchen Ufern diese Senkungen, während der Strand bis an sie heran von der See aus sehr gleichmäfsig ansteigt. Diese Erscheinung ist dieselbe, von der schon oben die Rede war (§ 25), als die Mittheilung über die Kirche in Alt-Pillau gemacht wurde, woselbst hohe Sandablagerungen rings umher sich bildeten und dennoch niemals die Umfassungswände berührten.

Dieselbe Erscheinung wiederholt sich vor allen geschlossenen Wänden, wie etwa vor dichten Dielenzäunen, wogegen ein Stackettenzaun den Sand auffängt und von demselben leicht ganz verschüttet wird. Dafs in gleicher Weise wie dieser, auch ein Gebüsche wirkt, besonders wenn es entlaubt ist, wurde schon bei Beschreibung der Dünen erwähnt, und es ergiebt sich hieraus, dafs man den fliegenden Sand sehr sicher an beliebigen Stellen auffangen kann, wenn man daselbst Strauchzäune errichtet, die jedoch nicht dicht, sondern so lose sein müssen, dafs sie vielfache und weite Oeffnungen enthalten.

Diese Erfahrungen rechtfertigen das Verfahren, das man im

ı lange mit Erfolg angewendet hat. Bevor dieses
n wird, mufs noch darauf aufmerksam gemacht
r Wind, wenn er frei auf eine ausgedehnte Sand-
elbe jedesmal ausebnet. Die vorragenden Erhö-
nten greift er vorzugsweise an, und die Vertiefun-
ner Einwirkung am meisten gesichert. Er schnei-
ıb und füllt diese aus, oder er formt die unregel-
ı bis zu einem gewissen Grade zu Ebenen um,
leicht Gräser oder andre Körper stellenweise den
der sich neben ihnen ablagert. Auf dem Strande
tzteres nur selten vor, woher die Ausebenung sich
ıdig darzustellen pflegt, und zwar um so mehr, da
ɜ Windes nicht constant, sondern fortwährenden
ınterworfen ist. Es erklärt sich aber hieraus die
Erscheinung, dafs wenn man zur Bildung der Vor-
rung eines noch niedrigen Sandrückens am Strande
ılbe nach kurzer Zeit ohne weiteres Zuthun eine
ıigte Oberfläche annimmt, die sich an jenen Rücken
ıierdurch die Bedingungen erfüllt, die zur dauern-
ɜs Strandes, sowie zu seiner Befähigung, immer neue
ʒunehmen, nothwendig sind. Wenn die Vordüne
röfserer Höhe erhebt, so schliefst sich freilich der
: an ihre Krone an, und es tritt gewissermaafsen
ıifs wieder ein, als wenn sie ein höheres Ufer wäre,
alsdann, damit sie ihren Zweck dauernd erfüllt, da-
sie die äufsere flache Dossirung behält, und dieses
h, dafs man sie seewärts aufs Neue verbreitet.
ibung des Verfahrens, wodurch die Vordüne aus-
ill ich mich ausschliefslich auf die Mittheilung der
ränken, die auf der Frischen Nehrung und
ıen Theile derselben auf etwa 3 Meilen Länge an-
ir ist auch nicht bekannt geworden, dafs man sonst
uf gleiche Vorsicht verwendet hat, auch habe ich
regelmäfsige Vordüne wie hier gesehn, und nirgend
Culturen der Binnen-Dünen, die durch sie dem
er See her entzogen wurden, so günstige Erfolge,
gehabt.
genaue Aufnahme des Strandes, welche den

Rand der Dünen bezeichnet, so wie auch die Ermittelung der Höhenverhältnisse vorangehn muſs, bedarf kaum der Erwähnung. Der Strand unterschied sich hier wesentlich von manchen andern Ostseeküsten, bei denen durch fortgesetzten Abbruch hohe und bewaldete Ufer bis an ihn herantreten. Letztere pflegen in regelmäſsigen Linien den Strand zu begrenzen, während auf der Frischen Nehrung bald einzelne Dünen weit vortraten und nur einen sehr schmalen Strand vor sich lieſsen, bald aber ausgedehnte niedrige Flächen sich an ihn anschlossen, die weit landeinwärts zwischen den Höhenzügen und Kuppen hineinreichten, und bei starkem Wellenschlage sich mit Wasser anfüllten.

Zunächst kam es darauf an, die Linie zu bestimmen, in der die Vordüne gezogen werden sollte. Dabei war es Bedingung, daſs der Strand vor derselben hinreichende Breite behielt, und im Allgemeinen wurde zugleich dahin gesehn, daſs die bestehenden Dünen hinter der Vordüne blieben. Diese verdienten jedoch keine besondere Berücksichtigung, insofern sie nicht nur an sich sehr veränderlich waren, sondern sie auch in unmittelbarer Nähe der See ganz beseitigt werden sollten, um eine regelmäſsige Vordüne darzustellen. Hiernach wurde die Richtung der letzteren nach der Charte in groſsen geraden oder doch nur sehr sanft gekrümmten Linien bestimmt, die etwa einen 10 Ruthen breiten Strand vor sich hatten und der allgemeinen Richtung desselben folgten. Sehr häufig war diese Linie durch vortretende Dünen unterbrochen, und hin und wieder geschah es sogar, daſs einzelne Sandkuppen ganz isolirt zwischen ihr und dem Meere blieben.

In dieser Linie, soweit sie frei war, wurde nun ein Strauchzaun ausgeführt. Man hatte solche in früherer Zeit wohl als Flechtzäune dargestellt, doch war die Wahl dieser soliden Constructionsart in den meisten Fällen ganz entbehrlich, da die Zäune gemeinhin schnell versandeten, also ihren Zweck schon vollständig erfüllt hatten, ehe sie bei Herbststürmen einem starken Angriffe ausgesetzt waren. Es genügte demnach, sie nur aus eingegrabenen Reisern zu bilden, und selbst hierbei zeigte es sich, daſs sie um so wirksamer waren, oder den Sand um so schneller auffingen, je mehr sie freie Zwischenräume zwischen sich lieſsen. Ich lieſs das Strauch daher so weitläufig stellen, daſs dasselbe nur etwa die Hälfte der Fläche deckte, und die andere Hälfte freier Zwischenraum blieb.

alsdann aber leicht vom Winde durchbrochen wer-
die Sandablagerung davor ziemlich unregelmäfsig
ein zweiter ganz gleicher Zaun im Abstande von
gestellt, der den ersten unterstützte und zugleich
spätern Vordüne eine Krone zu geben.
ichste Regelmäfsigkeit in der Ablagerung des San-
kam es darauf an, diesen Zäunen sogleich die
emefsne Höhe zu geben. Die Sandschüttung, die
te, sollte mit Strandgräsern bepflanzt werden, sie
Fufs hoch über dem mittleren Spiegel der See
dafür aber meist auch die Höhe von 10 Fufs an-
ohne dafs die Zäune mehr, als 4 Fufs über die
ndes vortraten. Sie erhielten aber keineswegs
e über dieser, vielmehr wurden sie horizontal
ch um so niedriger, je höher der Sand sich be-
te.
tion war hiernach folgende. Das Strauch, so-
ichen Zaunwand dienen sollte, brauchte keine
äufsersten Falles von 6 Fufs zu haben, doch
von 4 Fufs und selbst darunter fanden noch
g. Eine grofse Stärke war ganz entbehrlich,
ern Beschneiden nachtheilig und störend. Auch
welche Holzart man wählte, nur eigneten sich
Kiefernzweige, weil dieselben eine zu dichte
der davor aufgetriebene Sand, der nicht mit der
hindurchfliefsen konnte, solchen Zaun umwarf.
unter spitzen, oder stumpfen Winkeln aus den
, machte keinen Unterschied, es mufste nur
, dafs die Zwischenräume etwa die Hälfte der

ch beigeschafft war, das grofsentheils in län-
leineren ganzen Stämmen bestand, so wurden
ienenden Zweige abgehauen, nach den Längen
ren Stücke theils zu Rückstangen zugeschnit-
Pfähle in Längen von 5 und 6 Fufs verhauen

in der vorher abgesteckten Linie ein Graben
tenstich tief und zwei Spaten breit. Der Sand

hatte gemeinhin soviel Feuchtigkeit, dafs er dabei nicht
sammenfiel. Geschah dieses, so mufste der Graben ei
Breite erhalten, denn es kam darauf an, dafs seine Sohl
8 Zoll Breite frei war. In dieser wurde nunmehr noch
Rinne, deren Höhe und Breite dem Blatte des gewöhnli
gräber-Spatens gleich war, ausgehoben, und in diese
die Reiser ein, indem die Stamm-Enden derselben nach u
wurden. In mäfsigen Entfernungen von einander waren
zwar auf der Seeseite Pfählchen eingeschlagen, welch
bezeichneten, die der Zaun erhalten sollte. Nach die
die Arbeiter das Strauch auswählen, welches sie in die
stellten, und dessen Wipfel-Enden die Pfahlköpfe stets

Fig. 78 zeigt im Querschnitte den Graben mit der ti
in demselben und das eingestellte Strauch, so wie auch
mäfsig auf beiden Seiten ausgeworfenen Sand, und ein
mirung der Höhe eingeschlagenen Pfahl. Das Zuschüt
bens mufs dem Ausheben desselben sehr schnell folg
Sand bei den steilen Böschungen nicht lange steht,
bald zusammenstürzen, auch der fliegende Sand leicht
Zu diesem Zwecke wird in dem breiteren Graben, den
ter machen, sogleich von einem dritten die tiefere Rir
ben, und unmittelbar darauf stellt ein vierter Arbeiter
getragene Strauch ein und zwei Andere werfen wieder
Seiten den ausgehobenen Sand zurück und treten ihn

Indem das Strauch nur etwa 16 Zoll tief im Sand
4 Fufs darüber vorsteht, so würde es dem Angriffe sel
fsigen Windes nicht den nöthigen Widerstand leisten k
anderweitige Unterstützung ist daher noch nothwendig,
man aber nur auf der Landseite, also gegen die See
bringen, weil die Winde, die vom Lande her komme
vorliegenden Dünen so geschwächt sind, dafs sie kei
gung des Zaunes besorgen lassen. Zu diesem Zwecke
bereits erwähnt, die stärkeren und längeren Aeste
verwendet, die mit dem Strauche zugleich angefahren
Pfählchen von 5 bis 6 Fufs Länge, die bei niedrigen Z
kürzer sein dürfen, wurden mit einem Schlägel in 4 bi
stand von einander möglichst nahe neben dem eingesetz
eingetrieben, so dafs ihre Köpfe etwa 6 Zoll tiefer stan

tpfähle. Alsdann legte man die Rückstangen zwischen diese Strauchwand, indem man letztere zurückdrückte, und band lst Bindweiden an die Pfähle. Schliefslich wurde noch mit rtenscheere der Zaun in der Höhe der Richtpfähle horizonchnitten. In dieser Weise kann man mit geübten Arbeieinem Tage 100 Ruthen Zäunung und selbst mehr darstel-. 79 *a* und *b* zeigt den fertigen Zaun im Querschnitte und nsicht von der Landseite.

n die Sandfläche, auf der die Zäunung ausgeführt wird, re Lage hat, so dafs der Zaun sie nur um 2 Fufs, oder h weniger überragen darf, so vereinfacht sich die Construcfern, als in diesem Falle die Unterstützung durch die Rückbehrlich wird. Dieses geschieht namentlich jedesmal, wenn sich an eine Düne anschliefst. Auch in diesem Falle aber in der vorher bestimmten Horizontalen, bis ans Ende tten, so dafs er zuletzt nur noch etwa 6 Zoll über den rragte.

n dagegen die Linie in sehr niedriges Terrain fällt, so dafs 6 Fufs oder darüber hoch werden würde, so gewährt die e Construction nicht mehr die nöthige Sicherheit, und so weniger, als eben wegen der niedrigen Lage der Sand he feuchter ist und sonach fester gebunden bleibt, und ie Versandung des Zaunes erst später eintritt. Solche ren überdiefs gemeinhin die Mündungen, die zu weit aus-Niederungen im Innern der Dünen führen. Bei starkem lage füllten sich diese mit Wasser an, und später flofs wieder seewärts aus. Die daselbst ausgeführten Zäune aher nicht nur dem Stofse des Windes und der Wellen, uch der Strömung in der einen und der andern Richtung ı. In solchem Falle, der sich einige Mal auf der Nehlerholte, wendete ich Flechtzäune an, deren Pfähle in stand von einander eingeschlagen und so lang waren, dafs e die beabsichtigte Höhe des Zaunes erreichten. Es würde uch solcher Flechtzaun nicht dem Andrange des Wassers den haben, wenn er gleich in seiner ganzen Höhe ausgeorden wäre. Die Flechtruthen wurden daher zunächst nur ıfs hoch und zwar wieder mit weiten Zwischenräumen umen, und hiermit nach und nach in demselben Maafse fort-

gefahren, wie die Sandablagerung sich erhöhte. Vortheilha
es vielleicht sein, durch solche Flechtzäune die Erhöhun
dens nur in soweit zu veranlassen, dafs später noch Str
darüber gestellt werden könnten. Hierdurch würden die v
geren Pfähle entbehrlich geworden sein, die in den Gebi
Dünen meist nicht leicht zu beschaffen waren.

Sobald der eine Strauchzaun ausgeführt ist, so err
im Abstande von 6 Fufs hinter demselben einen zweite
seiner Construction und in seiner Höhe mit dem ersten g
einstimmt. Die Sandablagerung vor und zwischen be
alsdann sehr schnell zu beginnen. Bei den Dünenbaut
Frischen Nehrung ereignete es sich häufig, dafs bei Wied
der Arbeit in der nächsten Woche, die vor zwei Tagen
Zäune schon vollständig mit Sand überdeckt gefunden w
wenn inzwischen sehr heftige Winde, namentlich in de
des Strandes geweht hatten, so waren selbst die Strauchb
ständig versandet, so dafs sie das Ansehn von Dünenh
nommen hatten und nur mit Mühe wieder abgegraben we
ten. Diese sehr schnellen Erfolge gewähren dem Dü
ganz besonderes Interesse. Durch keine andere Arbeiten
der Wasserbaumeister in so kurzer Zeit und mit so ge
teln eine so wesentliche Umgestaltung des Terrains u
so günstige Resultate herbeiführen, als durch diese Anl

Fig. 80 zeigt in der punktirten Linie die erste San
neben solchen Zäunen, an die der ganze Strand bal
sanften Böschung sich anzuschliefsen pflegt. Auf der i
des ersten Zaunes lagert sich der hindurchgedrungene S
bis 2 facher Anlage. Auch zu beiden Seiten des hintern
merkt man in Kurzem einen schwachen Sandrücken. I
winnt indessen seine volle Höhe nicht früher, als bis de
ganz versandet ist, weil alsdann erst die Körnchen üb
fliegen können. Die Figur zeigt die Sandablagerung, w
Zäune später zu veranlassen pflegen.

Diese Zäunungen kann man augenscheinlich in je
zeit ausführen, gemeinhin geschieht es indessen im Frü
im Spätherbste, weil alsdann die Arbeiter am leichtesten
fen sind, auch die Graspflanzungen alsdann gleichzeitig
men werden können.

e Vordüne soll den von der See her auftreibenden Sand auf-
Sie kann dieses nicht erfüllen, wenn sie nur den kahlen
bildet, der an die Zäunungen sich angesetzt hat. Ihre Ober-
nufs daher mit vortretenden Halmen oder Reisern versehn
elche den hindurchstreichenden Wind mäfsigen und dadurch
derfallen des mitgeführten Sandes veranlassen. Dieses thun
üschel, die man in den Sand einsteckt, wie man dieses
Dünen in Holland vielfach sieht. Sobald solche aber ver-
sind, so versagen sie ihren ferneren Dienst, und wenn man
och später den Sand auffangen will, so mufs man die Fläche
ne bestecken. Das Dünengras und zwar vorzugsweise der
hafer erfüllt diesen Zweck aber dauernd, und wenn er
t und beinahe ganz verdeckt ist, so wächst er im nächsten
on selbst wieder empor, so dafs später neue Sandmassen
igen und fest abgelagert werden können. Dieses Dünengras
vorzugsweise zur Bepflanzung der Vordüne geeignet, und
be ich es immer am vortheilhaftesten gefunden, es in Rei-
pflanzen. Eine Reihe mufs jedenfalls in die tiefere Rinne
ı den beiden Zäunen gestellt werden, zwei oder drei andere
auf die äufsere Dossirung. Eine letzte auf die innere oder
ge Dossirung zu stellen, ist entbehrlich, da der hieher flie-
and schon von den vorhergehenden Reihen hinreichend ge-
wird. Diese Reihen sind 4 bis 5 Fufs von einander entfernt
gen sämmtlich in der Richtung der Vordüne. Wenn daher
d in derselben Richtung steht, so würden leicht tiefere Rin-
schen ihnen ausgeweht werden. Um dieses zu verhindern,
noch Querreihen dazwischen gezogen, die sich gegenseitig
end zu unterstützen pflegen, wenn sie 8 Fufs von einander
sind. Sollten einzelne Felder besonders tief ausgeweht
kann man sie durch Büschelpflanzung leicht wieder erhö-
eim Dünenbau ist es niemals die Aufgabe, solche Anord-
zu treffen, dafs man vor jeder möglichen Beschädigung voll-
gesichert ist. Wenn man auch im Stande sein sollte, die-
zu erreichen, so würden die Kosten zu einer übermäfsigen
ıwachsen. Man gelangt viel leichter zu dem beabsichtigten
e, wenn man die Mittel nur so bemifst, dafs sie für ge-
ıe Fälle genügen, und Nacharbeiten und Ausbesserungen
in Aussicht genommen werden.

Bei den Reihenpflanzungen stellt man die einzelnen Wurzeln oder Setzlinge $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll aus einander, man braucht daher für die Ruthe $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Schock, oder eben so viele Bunde, da 60 Stück zusammen gebunden werden. Das Pflanzen geschieht in Gräben, die nach der Schnur gezogen und etwa 1 Fufs tief sind. Auf höheren und sehr trockenen Dünen müssen die Gräben tiefer sein, weil die Pflanzen sonst nicht anwachsen, auf der noch niedrigen Vordüne ist dieses jedoch nicht erforderlich. Ich habe die Gräser niemals ausgraben, sondern immer nur ausziehn lassen, weil Letzteres viel wohlfeiler war. Dieses ist freilich dem Ungeübten nicht leicht, weil er meist die Wurzel in einer zu grofsen Höhe abreifst. Die Arbeiter gewöhnen sich indessen bald daran, die Pflanze richtig zu fassen und sie lothrecht in kräftigem Zuge zu heben, wobei der tiefer befindliche Theil der Wurzel, der bereits weniger fest ist, abreifst und alsdann noch zwei Wurzelknoten an dem Setzlinge bleiben. Jedenfalls ist es aber nothwendig, die Stellen, wo die Gräser gezogen werden sollen, sorgfältig auszusuchen. Wo die Pflanzen stark versandet sind, was besonders im Frühjahre der Fall zu sein pflegt, lassen sie sich nicht ziehn, auch darf man nicht solche Pflanzen wählen, die kein frisches Ansehn haben, und über welche schon lange kein Flugsand sich gelagert hat. Auf den unregelmäfsig geformten Dünen pflegt man immer einzelne Stellen zu finden, wo das Gras die nöthigen Eigenschaften hat. Man ist dabei auch nicht zu strenge an die Jahreszeit gebunden. Am besten gedeihen wohl die Pflanzungen, die im Spätherbste ausgeführt werden, weil der Sand neben ihnen alsdann feucht bleibt, also das Treiben neuer Wurzelfasern begünstigt, auch werden sie durch den Sand, den sie sogleich auffangen, noch mehr gegen das Austrocknen geschützt. Auch das erste Frühjahr ist sehr geeignet, ich habe aber zuweilen bis in den Sommer pflanzen lassen, und die Gräser wuchsen jedesmal an, wenn nicht etwa unmittelbar darauf anhaltende starke Hitze folgte*).

Es ist schon mitgetheilt, dafs die Zäunungen nicht immer ununterbrochen fortgeführt werden konnten, sondern dafs sie sich zu-

*) Sehr ausführliche Mittheilungen über die Auswahl und Behandlung der Dünengräser, so wie auch die betreffenden Veranschlagungssätze findet man in Dünenbau von Krause. Berlin 1850.

weilen an vortretende Dünenköpfe anschlossen. An diesen Stellen zeigten sich jedesmal sehr bald starke Verwehungen und Einrisse in den alten unbefestigten Dünen. Letztere durften daher in der Richtung der Vordüne nicht bleiben, wenn die möglichste Gleichmäfsigkeit und Regelmäfsigkeit in dieser erreicht werden sollte. Deshalb wurden alle Kuppen, die vor oder in der neuen Vordüne lagen, in ihrer Oberfläche entblöfst, indem die Gräser ausgerissen, und das Weidenstrauch, das sich darauf befand, so tief wie möglich abgeschnitten wurde. Wenn dieses im Herbste geschehn war, so pflegten die Stürme während des Winters schon vollständig die Kuppen zu beseitigen, die in dieser Weise jedes Schutzes entbehrten. Aber auch in anderer Jahreszeit traten oft die Zerstörungen sehr bald ein.

Noch ein anderes Verfahren habe ich mehrfach angewendet, um möglichst schnell denselben Zweck zu erreichen. Wenn nämlich ein starker Wind eintrat, stellte ich Arbeiter an diejenige Seite der Kuppe, die besonders heftig getroffen wurde, und wo eine recht kräftige Luftströmung vorbeizog. Hier wurde der Fufs der Böschung abgegraben und jeder Spatenstich Sand hoch aufgeworfen. Die Masse zertheilte sich alsdann sogleich und folgte dem Winde ins Binnenland. Der obere Theil der Dossirung stürzte nach und wurde gleichfalls vom Winde erfafst und fortgetrieben. So war es möglich, an einem Tage eine hohe Kuppe zu beseitigen, und man konnte den hier gelösten Sand, der den tieferen Einrissen zwischen den Dünen folgte, noch vortheilhaft zur Ausfüllung derselben benutzen, wenn daselbst leichte Strauchzäune errichtet waren.

Es darf kaum bemerkt werden, dafs dieses letzte Verfahren keineswegs zur Ausbildung einer regelmäfsigen Vordüne führte. Der Sand wurde gemeinhin bis unter die Krone der letzteren ausgerissen, doch war es leicht, durch Zäune von angemefsner Höhe die Ausgleichung wieder herzustellen. Durch unmittelbares Aufkarren von Sand oder Abgraben desselben wurde die Vordüne niemals gebildet. Diese Arbeiten waren ganz entbehrlich, weil der Wind sie schon verrichtete. Wo der Sand noch zu hoch lagerte, durfte er nur entblöfst werden, alsdann trieb der Wind ihn fort, und wo eine zu tiefe Senkung entstanden war, veranlafsten Zäune die beabsichtigte Erhöhung. Die isolirten Kuppen aber, die vor der Vordüne auf dem Strande blieben, wurden in gleicher Weise beseitigt.

Bisher ist nur das Verfahren bei der ersten Anlage der Vordüne beschrieben, aber bereits angedeutet worden, dafs dieselbe sehr sorgfältiger Unterhaltung und periodisch auch einiger Nacharbeiten bedarf. Es kann nicht fehlen, dafs in den Reihen der Gräser manche Lücke entsteht, indem einzelne Pflanzen weniger kräftig anwachsen, auch absterben. Hier streicht der Wind stärker hindurch, als an andern Stellen, er verhindert also daselbst nicht nur das Ablagern des Sandes, sondern bildet sogar eine tiefere Rinne, die um so bedenklicher wird, wenn mehrere solcher zufälligen Lücken hinter einander liegen. Indem solche Rinne sich immer weiter ausbildet, so kann sie schliefslich einen Durchbruch der ganzen Düne veranlassen, was jedenfalls verhindert werden mufs. Die Unregelmäfsigkeit ist im ersten Entstehen leicht zu beseitigen, aber dazu gehört eine ununterbrochene Aufmerksamkeit, und unmöglich kann man gröfseren Beschädigungen begegnen, wenn nur ein- oder zweimal im Jahre die Dünen inspicirt und alsdann die nöthigen Reparaturen veranschlagt werden. Bei solchem Verfahren steigern sich die Kosten der Instandhaltung leicht auf das Vielfache, und dazu kommt noch der Schaden, den nach dem Verschwinden der Vordüne der landeinwärts treibende Sand veranlafst. Es mufs daher jedenfalls für dauernde Beaufsichtigung gesorgt, und zugleich mufs der Aufseher verpflichtet sein, kleine Ausbesserungen sogleich selbst vorzunehmen. Wenn er in dem erwähnten Falle eine Rinne bemerkt, die etwa 1 Fufs tief und 5 Fufs breit geworden ist, die also gewifs schon bedenklich ist, so mufs er vom nächsten Gebüsche Zweige schneiden und aus denselben einige Querzäune bilden, welche die Rinne schliefsen. Eben so mufs er auch verpflichtet sein, die Reihen der Dünengräser, wo es nöthig ist, durch Nachpflanzung zu ergänzen, oder durch Büschel die besonders tief ausgewehten Felder zu sichern.

Damit dieser Dienst gehörig versehn werden kann, darf man dem Wärter keine zu grofse Strecke zuweisen. Er wird gewöhnlich verpflichtet, alle zwei oder äufsersten Falles alle drei Tage jeden Theil der ihm anvertrauten Düne zu begehen, und hieraus ergiebt sich, dafs letztere nicht länger als 3 oder höchstens 4 Meilen sein darf. Wenn derselbe Wärter auch zugleich die Aufsicht über die Culturen der Binnendünen führt, so läfst sich dieses mit dem in Rede stehenden Dienste sehr gut verbinden, indem er bei seinen

igungen einmal den Weg am Strande und einmal durch das
and macht. Er mufs auch zugleich darauf halten, dafs die
nicht unbefugter Weise betreten werden und namentlich dafs
h auf dieselben kommt.

läfst sich nicht vermeiden, dafs hin und wieder und nament-
er Nähe von Dörfern oder einzelnen Wohnungen über die
egangen und gefahren wird. Dieses darf indessen nicht
h geschehn, vielmehr nur an bestimmten Stellen, und es
assendsten, solche Wege an beiden Seiten mit leichten
n zu versehn, weil sonst sowol die Fufsgänger, wie auch
eute jedesmal diejenigen Stellen wählen, welche am mei-
Dünengras bewachsen, also am festesten sind, die aber,
betreten werden, sich bald gleichfalls in kahle Sandflächen
ln. Bei frequenter Passage, also namentlich neben Bade-
legt man die Fufswege auch zu befestigen, indem Lauf-
rüber gelegt werden. Wenn Thonboden mit mäfsigen Ko-
ischaffen ist, so kann eine dünne Lage desselben von etwa
irke die Fufspfade schon wesentlich verbessern, und sobald
schehn ist, darf man nicht besorgen, dafs die darüber Ge-
eitwärts ausweichen werden. Man erreicht dadurch den
n Gewinn, dafs nicht nur die Graspflanzungen zur Seite
ligt bleiben, sondern auch die Wege selbst gegen das Aus-
sichert sind.

Fahrwege verwandeln sich gewöhnlich in tiefe Rinnen,
) vollständiger sich ausbilden, also auch um so nachthei-
, je weniger der hindurchziehende Luftstrom durch dahin-
de höhere Dünen unterbrochen wird. Beim Abstecken der
fs man also darauf Rücksicht nehmen, sie so zu legen,
Wind nicht mit zu grofser Heftigkeit hindurchstreichen
:h mufs ihre Richtung nicht mit derjenigen der herrschen-
stärksten Winde übereinstimmen. Nichts desto weniger
ich doch meist nicht vermeiden, dafs die Fahrwege sich
Zeit in tiefe Einschnitte verwandeln, welche die Gleichmä-
er Vordüne in sehr nachtheiliger Weise unterbrechen und
lche grofse Sandmassen in das Binnenland treiben. Ge-
eses, so bleibt nichts übrig, als die alten Wege durch Quer-
schliefsen, also die Vertiefung wieder durch Sandablage-
ıfüllen und demnächst mit neuen Gräsern zu bepflanzen,

während inzwischen an einer andern geeigneten Stelle in der Nähe ein neuer Weg über die Vordüne eröffnet wird.

Bei Beschreibung der Ausführungen behufs der Bildung und Unterhaltung der Vordüne ist allein von der Anpflanzung des gewöhnlichen Dünengrases oder Sandhafers (arundo arenaria) die Rede gewesen, der in der That in den meisten Fällen auch allein hierzu geeignet ist. Nur wenn der Fufs der Vordüne stark angegriffen wird und der Strand davor besonders niedrig liegt, so ist es zweckmäfsig, hier den Strandweizen (elymus arenarius) zu wählen, weil derselbe beim Wellenschlage weniger leidet, und in kurzer Zeit den Boden dicht überzieht, also die Sandablagerung sicherer schützt.

In früherer Zeit hat man auch häufig Weidenstrauch angepflanzt, das unstreitig, wenn es einem starken Sandfluge ausgesetzt ist, viel kräftiger und schneller anwächst, als das Dünengras. Dabei sind indessen sehr grofse Unregelmäfsigkeiten ganz unvermeidlich, also der Hauptzweck, nämlich eine gleichmäfsig benarbte Vordüne von gleicher Höhe und Breite darzustellen, die an keiner Stelle vom Winde angegriffen werden kann, wird dabei vollständig verfehlt. Statt derselben bildet man in diesem Falle wieder einzelne kahle Dünenkuppen, die schneller, als sie entstanden sind, wieder verweht werden, also immer aufs Neue grofse Sandmassen ins Binnenland treiben. Aus diesem Grunde habe ich nicht nur das Anpflanzen von Weiden auf den Vordünen ganz unterlassen, sondern wo sich diese darauf zeigten, was theils durch das Verwehen des Samens, theils aber auch zuweilen durch die Zäunungen geschah, indem einzelne Reiser Zweige und Wurzeln trieben, so wurden die neuen Triebe derselben, so oft sie den Sand durchbrachen, immer möglichst tief abgeschnitten oder ausgerissen, und hiedurch gelang es bald, sie vollständig zu beseitigen. Eben so wenig wurden aber auch andere Sträucher auf der Vordüne geduldet, vielmehr durfte diese nur mit Dünengras bestanden sein, damit sich überall dasselbe Profil darstellte und zur Aufnahme neuer Sandmassen immer geeignet blieb.

Schliefslich ist noch ein Umstand zu erwähnen, von dem die dauernde Erhaltung der Vordüne wesentlich abhängt. Wenn die bezeichneten Arbeiten bei der ersten Anlage, so wie auch bei der Unterhaltung, also bei Beseitigung der eingetretenen Beschädigungen, in angemefsner Weise ausgeführt werden, so wächst das

engras nicht nur von Jahr zu Jahr höher an, indem immer
Sandmassen sich regelmäfsig darüber legen, sondern aufser-
breitet jede Pflanze sich in geringem Maafse auch seitwärts
und man kann oft nach etwa fünf Jahren die ursprünglichen
en nicht mehr erkennen, indem die Felder vollständig durch
Seitentriebe gefüllt sind. Diese Sandablagerung erhebt sich im
fe der Zeit weit über den Strand, der ihr nicht folgen kann,
sie bildet zuletzt eine merkliche Stufe gegen denselben, wo-
h wieder Erscheinungen veranlafst werden, wie vor höheren
n. Der hintere Theil des Strandes wird alsdann ausgeweht
dadurch der Fufs der Vordüne dem Angriffe des Windes, wo
t gar des Wellenschlages ausgesetzt. Ein solcher bedenklicher
tand, der ohnfehlbar die endliche Zerstörung der ganzen Vordüne
Folge haben würde, darf nicht unbeachtet bleiben. Man begeg-
demselben sehr sicher, wenn man, sobald die Abstufung sich be-
kbar macht, sogleich eine neue Reihe Dünengräser davor an-
nzt. In dieser Weise kann man die sanfte seeseitige Dossirung
ernd erhalten, und zugleich die Vordüne in den Stand setzen, dafs
die neu antreibenden Sandmassen stets in sich aufnimmt. Sie
rinnt dadurch nach und nach an Breite, wie ihre Höhe zunimmt,
l wird bei solchem Verfahren in jeder Beziehung gesichert. An
jenigen Uferstrecken, wo der Sand nur in geringem Maafse aus-
vorfen wird, ist diese Verbreitung weniger nöthig, aber hier wird
h aus demselben Grunde die Düne sich weniger schnell erhö-
, also jener stufenförmige Absatz sich viel später zeigen, als an
chen Stellen, wo die See gröfsere Massen Sand herbeiführt. Das
treten der Gefahr giebt sich also jederzeit sehr sicher und den
alen Verhältnissen entsprechend zu erkennen. Es geschieht al-
dings, dafs man diese Anzeichen ganz unbeachtet läfst, indem
n nach der ersten Ausbildung der Vordüne seine Aufmerksam-
it allein auf die Cultur der Binnendünen verwendet. Letztere
rd aber aufs Aeufserste bedroht und wieder neuen Zerstörungen
eis gegeben, wenn die Vordüne einst durchbricht und der Sand-
g nach dem Binnenlande sich wieder einstellt.

Wenn dagegen die Vordüne, so oft es nöthig ist, seewärts ver-
eitet wird, und der Strand in Folge der natürlichen Einwirkung
s Windes in gleichem Maafse vorrückt und sich erhöht, so hört
genscheinlich jeder Abbruch des Ufers auf, dasselbe gewinnt an

Ausdehnung und die sehr grofsen Sandmassen, aus welchen es sich zusammensetzt, werden in dieser Weise zurückgehalten, so dafs sie weder in das Binnenland treiben, noch auch durch die Küstenströmung weiter geführt werden, und daher die Verflachung von Hafenmündungen nicht veranlassen können. Die Anlagen dieser Art sind also, wenn man auch von dem Uferschutze ganz absieht, von der äufsersten Bedeutung. Die Cultur der innern Dünen wird wesentlich erleichtert, wenn das Hinzutreten neuer Sandmassen aus der See oder von den abbrechenden Ufern aufhört. Die Erfahrung zeigt sogar, wie oben mitgetheilt, dafs in solchem Falle die Dünen sich von selbst mit Vegetation überziehn und ausgedehnte Kiefern-Waldungen auf ihnen emporwachsen. Andre Erfahrungen zeigen ferner, dafs gerade diejenigen Hafenmündungen am stärksten versanden, in deren Umgebungen die Dünen nicht geschützt werden, also dauernd abbrechen.

Die Vortheile, welche hiernach durch die Ausbildung und Unterhaltung regelmäfsiger Vordünen erreicht werden, sind in den verschiedensten Beziehungen von der äufsersten Bedeutung, und sie lassen sich meist durch die einfachsten Mittel und mit sehr geringen Kosten herbeiführen. Dieser Gegenstand ist indessen bisher nur an wenigen Punkten unserer Küste beachtet worden und es war daher nothwendig, durch ausführliche Beschreibung des Verfahrens und durch Hinweisung auf die aufserordentlichen Erfolge, die sich in kürzester Zeit zu zeigen pflegen, die Aufmerksamkeit darauf zu lenken. Es mufs aber noch hinzugefügt werden, dafs auch an der Pommerschen Küste, so oft in geraden Uferstrecken Zäunungen versucht worden sind, dieselben eben so, wie an der Frischen Nehrung gewirkt, und grofse Sandmassen aufgefangen haben. Dem Hafenbaumeister eröffnet sich hierin nicht nur ein erfolgreiches, sondern wegen der überraschenden Resultate, zu denen er in der kürzesten Zeit gelangt, auch ein höchst interessantes Feld seiner Thätigkeit, und gewifs wird er, sobald er die ersten Versuche gemacht hat, gerade diese Arbeiten mit ganz besonderer Vorliebe verfolgen.

§ 27.
Dünen-Cultur.

ald die Vordüne sich gebildet und mit Strandgräsern bedeckt
wird der von der See aufgeworfene Sand durch sie aufge-
und das dahinter gelegene Dünenterrain ist alsdann gegen
zutreten neuer Sandmassen gesichert. Die hier befindlichen
igten und zum Theil ganz kahlen Sandschellen und Kuppen
lich ein Spiel des Windes und der von denselben sich lö-
and kann auch den dahinter liegenden Culturen sehr nach-
erden, aber ihre Befestigung und Bepflanzung wird nunmehr,
neuer Sand hinzukommt, um Vieles leichter, als sie früher
an bemerkt sogar, dafs an denjenigen Stellen, wo der See-
ach und nach durch neue Ablagerungen weiter vorgerückt
die See sich von den alten Dünen entfernte, beinahe je-
ein dichter Kiefernwald die Düne bedeckt, wenn sie auch
bedeutender Höhe sich erhebt. Solche Waldungen, wie
Caseburger Forst ohnfern Swinemünde, bestehn aber schon
rhunderten, und man mufs daher annehmen, dafs sie ganz
st entstanden sind. Die vielfachen Baumstämme, die man
n andern Dünen häufig findet, deuten an, dafs auch diese
einst nicht so kahl waren, als sie jetzt sind, und es giebt
m historische Ueberlieferungen von vielfachen Zerstörungen
Waldungen. Vor zwei Jahrhunderten war der nördliche
er Frischen Nehrung bis zur Spitze derselben noch mit Kie-
standen und in gleicher Weise erstreckten sich die Waldun-
Pillau nordwärts bis Lochstädt, woher die perspectivisch
neten Karten aus der ersten Hälfte des siebenzehnten Jahr-
s das bedeutende Dorf (Alt-) Pillau, das damals rings um die
stehende Kirche sich ausbreitete, von Waldungen umgeben
en und Gärten, Wiesen und Felder an den Stellen zeigen,
wenigen Jahrzehenden und zum Theil auch jetzt noch nur
andschellen liegen. Dieses günstige Verhältnifs wurde da-
ufgehoben, dafs der Commandant der kleinen Festung Pillau
rcht vor einem plötzlichen Ueberfalle im Jahre 1677 sowol
Nehrung, wie auf der Nordseite von Pillau auf meilenweite
ungen alles Holz niederschlagen liefs. Die weiter südwärts

belegenen Waldungen auf der Frischen Nehrung wurden aber vorzugsweise durch die Russen und Schweden im Anfange des vorigen Jahrhunderts verwüstet, indem sie hier Theerschwelereien einrichteten.

Wenn es hiernach keinem Zweifel unterliegt, dafs der aus reinem Seesande bestehende Boden in früherer Zeit sich von selbst mit Kiefern-Waldungen überzogen hat, so ist gewifs zu erwarten, dafs man durch künstliche Nachhülfe auch heutiges Tages dasselbe Resultat leicht erreichen kann. In gewisser Beziehung treten die Ansiedelungen und die Bodencultur in Folge der öconomischen Verhältnisse allerdings der Ausbreitung der Waldungen entgegen. Durch Umgraben und Pflügen der Flächen, die sich im Laufe der Zeit mit einer dünnen Lage Waldboden überdeckt haben, kann leicht der letztere wieder fortgetrieben werden, so dafs der Sand zum Vorschein kommt. Vor Allem sind aber die Viehweiden unter diesen Umständen im höchsten Grade verderblich, da durch sie theils der Boden fortwährend wund getreten, theils aber auch jede Vegetation, die sich darauf zeigt, sowol Gräser, als junge Sträucher und Bäume, zerstört wird. Die Spärlichkeit der Vegetation veranlafst das Vieh, weit umher zu streifen, und Alles zu fressen und zu benagen, wovon es sich irgend ernähren kann. Andrerseits giebt diese Viehweide auch den einzigen Ertrag solches verwahrlosten Dünen-Terrains und die Grundbesitzer, denen die Mittel fehlen, dasselbe in andrer Weise nutzbar zu machen, nehmen den geringen Vortheil wahr, den sie hierbei haben können. Als mir im Jahre 1826 die Dünenbauten auf dem nördlichen Theile der Frischen Nehrung übertragen wurden, fand ich daselbst ganze Heerden von jungem Hornvieh, das ohne Aufsicht weidete. Dieses gehörte aber nicht den wenigen Bewohnern auf diesem Theile der Nehrung, vielmehr wurde es von den am Haff belegenen Ortschaften im Frühjahre herübergebracht und im Spätherbste wieder eingefangen und zurückgeführt. Der nächste Schritt mufste also dahin gerichtet sein, diesen Unfug, zu dem auf fiscalischem Terrain niemand berechtigt war, abzustellen. Das Einpfänden des Viehes war leicht, aber die Ermittelung der Eigenthümer sehr schwierig, woher es nur langsam glückte, alles fremde Vieh zu entfernen, und die wenigen Stücke, die den dortigen Bewohnern gehörten und zu deren Haltung sie berechtigt wa-

…, auf bestimmte Weideplätze zu beschränken. Der Erfolg dieser …derung war aber sogleich sehr augenfällig, indem die Vegetation sich schnell über alle Niederungen ausdehnte.

Die Festlegung der Sandflächen auf den Binnendünen und die Bepflanzung derselben mit Kiefern und andern Holzarten gehört nicht zum Wasserbau, sondern zur Forstwirthschaft. Es ist aber keineswegs Absicht, hier speciell darauf einzugehn, vielmehr sollen nur einzelne Punkte berührt werden, die bei der Eigenthümlichkeit der Seedünen vorzugsweise zu beachten sind. Dieser Gegenstand ist bereits vielfach ausführlich behandelt. Die oben erwähnte Abhandlung von Bremontier bezieht sich beinahe ausschliefslich hierauf und auch bei uns sind eine Anzahl von Druckschriften über die Cultur der Seedünen erschienen. Namentlich die Sicherung des Danziger Stadtwaldes hat zur Publication mehrerer wichtigen Schriften Veranlassung gegeben.

Auf der Frischen Nehrung hatten sich von dem Punkte aus, wo gegenwärtig die Weichsel ausmündet, bei Neufähr, bis gegen Kahlberg hin, also etwa auf 6 Meilen Länge, theils einzelne und theils zusammenhängende weit gestreckte wandernde Dünen gebildet, welche die dahinter belegenen fruchtbaren Niederungen langsam verschütteten, oder durch Flugsand verwüsteten. Vorzugsweise traten diese Dünen in den zur Stadt Danzig gehörigen Kiefernwald, der sich auf 4 Meilen Länge ausdehnte, und den sie bei ihrem Vorrücken von Jahr zu Jahr immer weiter begruben. Um ihrem ferneren Vordringen Einhalt zu thun, wufste man bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts kein anderes Mittel, als dafs man auf dem Kamme der Düne aus Fichtenreisern Zäunungen ausführte, die den von der flachen seeseitigen Dossirung gelösten und herauftreibenden Sand auffangen und dadurch das weitere Vortreten der steilen landseitigen Dossirung verhindern sollten. Dieser Zweck wurde aber keineswegs erreicht, denn wenn auch grofse Sandmassen vor den Zäunen sich ablagerten, und deshalb in jedem Jahre auf die älteren immer neue Zäune gestellt werden mufsten, so trieb dennoch sehr viel Sand darüber fort und das Uebel wurde keineswegs ganz beseitigt, vielmehr nur vorübergehend etwas vermindert. Höchst bedenklich war dabei der Umstand, dafs der Kamm der Düne sich immer mehr erhöhte, also die Gefahr eines Durchbruches immer

gröfser wurde. Wenn endlich ein solcher erfolgte, so waren die Zerstörungen übermäfsig und keineswegs geringer, als wenn man die Düne ganz sich selbst überlassen hätte.

1768 stellte die naturforschende Gesellschaft in Danzig die Preisfrage, in welcher Weise den Versandungen der Nehrung begegnet werden könne. Dem Professor Titius in Wittenberg, der sich früher in Danzig aufgehalten hatte, und mit den dortigen Verhältnissen bekannt war, wurde der Preis zuerkannt. Derselbe sagt in der betreffenden Abhandlung*), der Sand komme aus der Ostsee, wovon man sich durch die Wahrnehmung leicht überzeugen könne, dafs die Körnchen immer um so feiner werden, je weiter sie von dem Strande sich entfernt haben. Er empfiehlt daher, dasjenige Terrain, welches man mit Bäumen oder Sträuchern bepflanzen will, zunächst auf der Seeseite durch Zäununngen zu schützen, gegen welche der Sand sich ablagern kann. Die Pflanzung müsse aber hoch aufwachsen, damit sie auch den Sandflug verhindere, der für die dahinter belegenen Flächen schädlich ist. Wenn man mit Kiefern gleich den Anfang mache, so wachsen diese nicht gehörig an, sie bleiben vielmehr nur niedrig und es vergehn viele Jahre, bevor sie auch nur eine mäfsige Höhe erreichen. Ganz anders verhalte es sich mit den Acacien, die im reinen Sande gut gedeihen und sehr schnell emporwachsen. Demnächst werden auch auf den weniger geschützten Sandschellen Anpflanzungen von Dünengräsern empfohlen, aber die Anlage von Kiefernschonungen als der letzte Zweck der Culturen nur für spätere Zeit in Aussicht gestellt.

Wie richtig diese Andeutungen auch waren, so fanden sie doch, wie es scheint, keine weitere Berücksichtigung und wurden vielleicht ganz vergessen, bis im Jahre 1793, als Danzig Preufsisch wurde, die Festlegung der Dünen wieder zur Sprache kam. Man überzeugte sich, dafs nicht nur der Stadtwald von Jahr zu Jahr immer weiter verwüstet, sondern auch der ganze Handel von Danzig sehr ernstlich bedroht wurde, indem die wandernden Dünen stellenweise die Weichsel erreicht hatten und sich in diese zu stürzen drohten,

*) Herrn J. D. Titius Abhandlung über die von der naturforschenden Gesellschaft in Danzig aufgegebene Frage: Welches die dienlichsten und am wenigsten kostbaren Mittel sind, der überhandnehmenden Versandung in der Danziger Nähring vorzubeugen und dem weitern Anwuchs der Sanddünen abzuhelfen. Leipzig 1768.

urch eine sehr nachtheilige Versandung und vielleicht eine voll-
ndige Sperrung des Fahrwassers im Strome veranlafst werden
nte.

Ein Bürger von Danzig, Namens Sören Biörn, von Geburt ein
e, machte wiederholentlich geltend, dafs man in seinem Vater-
e grofse Sandflächen durch Bepflanzung mit Strandgräsern fest-
t habe. Er empfahl daher dieses Mittel, sowie auch die An-
ung von Weiden und andern Holzarten. Im Jahre 1795 wurde
ie Befestigung der 500 Ruthen langen Düne übertragen, welche
ichsel in der Nähe von Neufähr besonders bedrohte. In den
folgenden Jahren führte er diese Arbeiten zur allgemeinen
enheit aus, worauf er als Plantagen-Inspector angestellt wurde
s zu seinem Tode im Jahre 1819 die Dünenbauten auf der
er Nehrung leitete.

ine Thätigkeit beschränkte sich aber nicht nur auf den Theil
schen Nehrung, auf welchem der Danziger Stadtwald liegt,
r wurde Biörn in den Jahren 1799 bis 1802 vielfach zu Be-
ngen und zur Abgabe von Gutachten in Betreff der Behand-
r weiter nordwärts belegenen Dünen auf der Frischen und
en Nehrung und bei Lochstädt von der damaligen Kammer
gsberg aufgefordert. Diese Gutachten sind zum Theil viel
r, als die von ihm veröffentlichte Beschreibung seines Ver-
Aus jenen ergiebt sich, dafs er fortwährend auf die An-
n Zäunungen drang, um den von der See aufgeworfenen
ufzufangen. Er erwähnt dabei des grofsen Nutzens, den die
n davon haben würden, indem sie alsdann weniger den Ver-
gen ausgesetzt wären. Alle diese Zäune müfsten aber nur
und nicht über 1½ Fufs hoch sein. Man solle sie aus ein-
nem Strauche darstellen und sich besonders hüten, dafs sie
n dicht würden, weil sie sonst ihren Zweck verfehlten, auch
eim Sturme beschädigt werden könnten. Dagegen möchte
ehrere solcher Zäune hinter einander stellen. Selbst vor den
n Ufern bei Lochstädt empfahl er Zäunungen auf dem Strande.
m dieselben versandet wären und eine flache Böschung sich
gebildet hätte, sollten sie mit den Strandgräsern, die er Klit-
nt, bepflanzt werden, weil dieses die einzige Pflanze sei, die
ellenschlag ertragen könne. Zur Cultur der Sandschellen
l er vorzugsweise die Kiefer und Eller, auch Birken, Pap-

peln, Espen und selbst Hainbuche (Corpinus betulus) habe er in gutem Wachsthume zwischen den Dünen gesehn, die Acacie, meinte er aber, verschwinde bald, wenn sie Anfangs auch zu gedeihen scheint. Er sprach sich aber stets dahin aus, man solle Anfangs nicht auf hochstämmige Bäume, sondern vielmehr auf dichtes Gebüsch Rücksicht nehmen.

In der bereits erwähnten Abhandlung*), die durch einen Situationsplan erläutert wird, beschreibt er sein Verfahren bei Befestigung der seeseitigen Dossirungen der wandernden Dünen. Hieraus ergiebt sich, dafs er am obern Rande dieser Dossirung, also auf der Krone der Düne einen Dielenzaun errichtete, der jedoch mit 1 Zoll weit geöffneten Fugen versehn war. Die Zaunpfähle sind, wie er sagt, 8 Fufs lang und werden in Entfernungen von 15 Fufs eingegraben. Daran werden drei bis fünf Stück sogenannte Schwarten, oder die äufseren Dielen, die aus runden Sägeblöcken geschnitten sind, mit hölzernen Nägeln befestigt. Dieser Zaun dient theils zum Auffangen des dagegen treibenden Sandes, und theils zum Abhalten des Viehes. Wenn er beinahe ganz verweht ist, so wird er gehoben, und zu diesem Zwecke sind die Pfähle ohnfern ihrer Köpfe mit weiten Kerben versehn, in welche die Wuchtbäume eingreifen. Drei Mann heben solchen Zaun mit Leichtigkeit aus dem Sande und zwar ohne dafs die Dielen sich lösen oder zerbrechen, da diese auf grofse Länge frei liegen, also sehr biegsam sind.

Die ganze zu befestigende Fläche wird demnächst zu beiden Seiten, so wie auch neben den unregelmäfsigen Vordünen mit einem Strauchzaune eingeschlossen. Nach der beigefügten Figur verfolgt derselbe so vollständig den Fufs der Dünenhügel neben dem Strande, dafs er an einer Stelle sogar mit einer scharfen Ecke bis an den letzteren herantritt. Dieser Zaun dient wieder theils zum Abhalten des Viehes, und theils zum Auffangen des von der einen oder der andern Seite anwehenden Sandes. Von der Darstellung einer regelmäfsigen und ununterbrochenen Vordüne ist in dieser Beschreibung nicht die Rede, Biörn stellte sich vielmehr dabei nur die Aufgabe, die sanft geneigte kahle Sandfläche, die vom

*) „Ueber die beste Art, der allmähligen Versandung der Nehrung durch Dünenbau und Bepflanzung möglichst vorzubeugen," in der Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten die Baukunst betreffend. 1798. II. Seite 81 ff.

Vordüne bis zum Kamme der Hauptdüne ansteigt, zu
und zwar in derjenigen Umgrenzung, die sie zufällig beim
r Arbeiten hatte.

ser Befestigung werden sehr verschiedene Mittel ange-
esonderes Gewicht wird in jener Beschreibung auf den
ı Sturmzaun gelegt, der nach der Zeichnung parallel
Dielenzaune etwa 25 Ruthen von demselben entfernt ist.
Zaunpfähle werden drei aus Schwartdielen gespaltene
ıgelt, und Erlenstrauch von 8 bis 9 Fufs Länge mit den
n daneben eingegraben und zwischen den Latten hin-
ıten, jedoch in der Art, dafs keineswegs eine dichte Wand
vielmehr der Sand noch durchtreiben kann. Diese Sturm-
n den antreibenden Sand gleichmäfsig über die ganze
reiten, und es wird gerühmt, dafs der Sand durch sie,
ein Sieb frei hindurchgeht, also keine neue Düne sich
ısbildet. Die in der beigefügten Zeichnung zu beiden
brachten Schraffirungen lassen indessen vermuthen, dafs
r wirklich ein Sandrücken ablagerte.

chst sind Strauchzäune ausgeführt, die auch Fange-
annt werden und die etwa in 12 Ruthen Abstand von
m Gefälle der Fläche folgen und vom Kamme bis zur
führen. Sie lassen indessen neben dem Dielenzaune, so
u beiden Seiten des Sturmzaunes freie Gänge von 1 bis
reite. Endlich werden in den tieferen Stellen, die man
ll, noch kurze Strauchzäune angebracht, die sich kreuz-
schneiden, die also den von allen Seiten gegentreibenden
ıgen.

ie Anpflanzungen betrifft, so werden neben dem Die-
d zu beiden Seiten der Strauchzäune lebendige Hecken
freien Räume zwischen den letztern aber mit Strand-
epflanzt. In den tiefsten Theilen der eingeschlossenen
o in der Nähe der Vordünen, werden dagegen Gräser

die Beschreibung und Zeichnung dieser Anlagen auch
ganz klar ist, und der Verfasser, wie es scheint, die
en Methoden, die er vielleicht nur versuchsweise ange-
e, hier zusammenstellte, so ergiebt sich doch daraus, dafs
eeseitige Dossirung der Düne dadurch gewifs so festge-

legt wird, dafs ihre Oberfläche nicht mehr ein Spiel des Windes bleibt, also das Vorschreiten der Düne dadurch wirklich verhindert wird. Ohne Zweifel wird hierdurch auch mit der Zeit eine feste Benarbung des Bodens herbeigeführt, die aber in Betreff des von der See her neu hinzutretenden Sandes doch immer bedroht bleibt, denn auf die gleichmäfsige Verbreitung desselben über die ganze Fläche ist in sofern nicht zu rechnen, als die Weiden- und eben so auch die Graspflanzungen, welche von dem auftreibenden Sande zuerst getroffen werden, denselben sogleich auffangen, und indem sie kräftig hindurchwachsen, immer neue Ablagerungen, also nichts anderes, als neue Dünen bilden. Die dahinter belegenen Flächen behalten dagegen unverändert ihre frühere Höhe bei, und werden nur bei der spätern Zerstörung jener Hügel mit Sand beschüttet. Das von Biörn gewählte Verfahren stellt also mindestens eine sehr kostbare dauernde Unterhaltung in Aussicht, bis mit der Kiefern-Pflanzung vorgegangen werden kann. Es wäre aber noch zu erwähnen, dafs die ganze Anordnung sehr unpassender Weise einer Garten-Anlage mit geschweiften Gängen, weiten Rasenplätzen und terrassenförmigen Ansteigungen nachgebildet zu sein scheint. Auch die Benennung Plantagen deutet darauf hin.

Die Ausführlichkeit vorstehender Beschreibung rechtfertigt sich dadurch, dafs diese Anlagen die ersten Versuche eines methodischen Dünenbaues in Preufsen waren. Die Principien, die ihnen zum Grunde lagen, werden aber von Vielen auch heutiges Tages noch als richtig angesehn.

Ob unmittelbar nach der beschriebenen Festlegung der Sandflächen auch die Bepflanzung derselben mit Kiefern versucht wurde, ist nicht bekannt, jedenfalls hat aber Sören Biörn sich um die Cultur der letzteren auf den Dünen verdient gemacht. Eine besondere kleine Schrift*) enthält hierüber, wie über die Erfolge der verschiedenen Verfahrungsarten beim Pflanzen und Aussäen der Kiefern sehr interessante Mittheilungen.

Später wurden die Dünenbauten auf der Danziger Nehrung durch Krause fortgesetzt, der wie es scheint, nach und nach die Methoden der Ausführung veränderte. Einige Jahre vor seinem Tode

*) Ueber die vortheilhafteste Behandlungs-Methode bei Besamung und Bepflanzung der Kiefern, von Sören Biörn. Danzig 1807.

dieselben sehr ausführlich beschrieben. Sein Buch*) behandelt nicht nur die Festlegung der wandernden Dünen, sondern ... Dünenbau und ist vorzugsweise in Betreff der Forst... auf solchem Terrain von grofser Wichtigkeit. Die Resultate ... er erreichte, verdienen ohne Zweifel die vollste Anerkennung, denn jene wandernden Dünen haben, soweit sie früher Be... erregten, ihren gefährlichen Character verloren, indem sie, ... auch nicht mit Waldung oder festem Rasen überzogen, doch ... benarbt sind, dafs bei den heftigsten Stürmen nur unbedeutende Sandmassen davon gelöst, und auch diese auf der Düne selbst ... aufgefangen werden. Ein sehr grofser Theil des Dünenterrains ist aber bepflanzt und in Kiefernschonung verwandelt, und ... ist nicht nur auf den niedrigeren Flächen, sondern zum Theil auf bedeutenden Höhen geschehn.

Die Wichtigkeit der Vordünen wird von Krause anerkannt, derselbe spricht sich auch dahin aus, dafs sie ohne Lücke den ... begrenzen und mit Dünengras bepflanzt werden sollen. Ihre ...mäfsige Ausbildung berührt er aber nicht, und diese vermifst ... in der That, wenn man den Strand bereist, neben dem jene ...ungen ausgeführt sind. Nach seinen Mittheilungen schliefsen ... künstlichen Vordünen nur die Oeffnungen oder Intervalle zwischen den natürlichen Dünen, die sich nicht selten als steile Kuppen erheben, und daher, wenn sie auch bepflanzt sind, kaum als ...ichend gesichert angesehn werden können. Aufserdem wird ...agt, dafs die Vordüne sich über den Strand steil erheben solle. ... Zweifel hat ihre äufsere Böschung jedesmal eine stärkere Neigung gegen den Horizont, als der Strand selbst, wenn man aber letzteren gehörig ausbilden und erstere gegen den Wellenschlag ...n will, so ist es nothwendig, dafs ein steiles Ansteigen der... vermieden werde.

Was die Befestigung der flachen Dossirung der wandernden ... der Hauptdüne betrifft, so sagt Krause, dafs man dazu nur ...anzungen von Strandhafer wählen solle. Ob dieses wirklich ... geschehn, ist wohl zu bezweifeln. Die ursprünglichen Pflanzungen sind nicht mehr zu erkennen. Man sieht indessen zwischen

*) Der Dünenbau auf den Ostsee-Küsten West-Preufsens vom Dünenbau-Inspector G. C. H. Krause. Berlin 1850.

dem Dünengrase, das hier noch vielfach vegetirt, auch häufig Weidengebüsche. Der Sand wird gegenwärtig aber vorzugsweise durch Sandegge (carex arenaria) gebunden, deren weit verzweigte Ranken die ganze Fläche überzogen haben.

Als ich vor dreifsig Jahren diese Arbeiten und Pflanzungen auf den weit ausgedehnten flachen Dossirungen der höchsten Dünen sah, erweckten sie keineswegs die Hoffnung, dafs die beabsichtigten Erfolge sich bald zeigen würden. Die grofsen Flächen waren durch Reihen-Pflanzungen von Strandhafer in 4 bis 6 Fufs Entfernung, und zwar in zwei Richtungen, die sich rechtwinklig durchschnitten, überzogen, so dafs sie wie mit einem grofsen Netze überdeckt erschienen. Man hatte indessen dabei keineswegs nur Dünengras, sondern sehr häufig auch Weidenstecklinge gewählt, die also lebendige Hecken bilden sollten. Der Sand war allerdings genügend befestigt, so lange diese Pflanzungen gehörig unterhalten wurden, aber einen frischen Wachsthum bemerkte man nur neben solchen Stellen, wo jene Reihen zufällig durchbrochen waren, und der Sand, der sich dabei gelöst, das Gras oder das niedrige Strauch etwas beschüttet hatte. Die Weidenarten, die in solchem trockenen Sandboden fortkommen, und eben so auch der Sandhafer, wachsen, wie schon oben bemerkt, nur in dem Falle üppig, wenn immer frischer Sand hinzufliegt, der durch sie aufgefangen wird. Dieses geschah hier im Allgemeinen nicht und sollte auch nicht geschehn, woher diese Pflanzen nirgend einen frischen Wuchs zeigten, vielmehr langsam abzusterben schienen. Dafs vielfache Nachpflanzungen in jener Zeit ausgeführt waren, liefs sich leicht erkennen, und indem nur sehr selten eine naturwüchsige Vegetation dazwischen sich zeigte, vielmehr die einzelnen Felder mit wenigen Ausnahmen ganz kahl waren, so dürften wohl viele Jahre vergangen sein, ehe die grofsen und kostbaren Nachbesserungen endlich sich verminderten. Die steifen, vom Winde eingeknickten Blätter des Sandhafers hatten überdiefs in den freien Feldern daneben überall die tiefen kreisförmigen Furchen im Sande gezogen, und dadurch gewifs noch mehr das Aufkommen einer natürlichen Vegetation verhindert.

Unter diesen Umständen rechtfertigt sich gewifs der Zweifel, ob es überhaupt zweckmäfsig ist, unter solchen Umständen, wo ein gedeihliches Aufkommen und die weitere Verbreitung der gesteckten Gräser und Reiser unmöglich ist, überhaupt eine Pflanzung zu

wählen. Die Erfahrung hat diesen Zweifel in sofern bestätigt, als die Fläche gegenwärtig keineswegs durch die vereinzelt noch vegetirenden Dünengräser, und eben so wenig durch das Weidengebüsch, das man hin und wieder sieht, vielmehr allein durch die Sandegge, die sich von selbst eingefunden hat, gehalten wird. Aufser ihr sieht man vielfach auch noch die oben erwähnten und andere Strandpflanzen, doch ist die Anzahl derselben vergleichungsweise so unbedeutend, dafs sie in dieser Beziehung ohne Einflufs sind. Todte Zäunungen würden hiernach genau denselben, und wegen der nachtheiligen Wirkungen der langen Blätter des Dünengrases sogar noch bessere Resultate ergeben haben. Es fragt sich daher, ob Pflanzungen oder Zäunungen in der Anlage und Unterhaltung wohlfeiler wären. Man darf aber nicht an kostbare hohe Zäune, sondern nur an solche denken, die etwa 1 Fufs über den Boden vortreten, also nur die Graspflanzungen ersetzen. Das kürzeste Strauch und vielleicht selbst die abgemähten Blätter und Halme des Dünengrases könnten hierzu benutzt werden, und jede Unterstützung an den Seiten würde entbehrlich sein, wenn sie einen Spatenstich tief in den Boden eingreifen.

Was die sonstigen Dünen-Culturen betrifft, so darf man dabei die Thatsache nicht unbeachtet lassen, dafs die heftigsten Winde jedesmal die Seewinde sind, weil sie mit ungeschwächter Kraft den Strand und die Dünen treffen. Der gelöste Sand bewegt sich daher vorzugsweise landeinwärts, eben so fliegt aber auch der Same von den Bäumen oder von andern Pflanzen in derselben Richtung, und die Vegetation dehnt sich am schnellsten von der Seeseite nach dem Binnenlande aus. Man mufs daher, soweit andere dringende Rücksichten nicht vorliegen, wie etwa die schleunige Befestigung der wandernden Dünen, die Arbeiten jedesmal möglichst weit seewärts, also unmittelbar hinter der künstlichen Vordüne beginnen, vorausgesetzt, dafs diese sich bereits so hoch erhoben hat, dafs das Übertreten der Wellen nicht mehr zu besorgen ist.

Von grofser Bedeutung ist es, dem Sandfluge möglichst vollständig Einhalt zu thun, hierzu genügt aber nicht nur die Ausbildung und Bepflanzung der Vordüne, denn auch hinter derselben bilden sich gemeinhin einzelne hohe Kuppen, die, wenn sie für den Augenblick auch hinreichend befestigt erscheinen, doch durch den Sturm leicht von der Seite angegriffen und zerstört werden können,

10*

wobei grofse Sandmassen landeinwärts fliegen. Hierdurch könnten spätere Culturen leicht zerstört werden, daher empfiehlt es sich vor Ausführung derselben, diese Kuppen, soweit sie gefährlich sind, zu beseitigen. In welcher Weise dieses mit geringer Nachhülfe geschehn kann, ist bereits bei Gelegenheit der Vordünen erwähnt worden. In diesem Falle wird man sich aber meist damit begnügen dürfen, die vorragenden Flächen im Herbste von aller Vegetation zu entblöfsen, und die Zweige oder Wurzeln möglichst tief zu beseitigen. Die Winterstürme treiben alsdann den kahlen Sand fort, den man durch Zäunungen an tieferen Stellen auffangen und ziemlich gleichmäfsig ablagern kann. Jedenfalls mufs aber dafür gesorgt werden, dafs nicht neue Hügel sich bilden, und wenn dieses, nachdem die Vordüne dargestellt ist, auch weniger leicht geschieht, so können dennoch gefährliche Kuppen nach und nach emporwachsen. Veranlassung giebt hierzu fast jedesmal ein Weidenstrauch. Solche müssen daher, wo sie stark anwachsen und den Sand auffangen, beseitigt werden. Die Weide ist aber überhaupt einer geregelten Dünen-Cultur niemals förderlich, sie giebt vielmehr nur zu Unregelmäfsigkeiten Veranlassung, ohne dafs eine Benarbung des Bodens neben ihr eintritt. Es empfiehlt sich daher, soweit es ohne zu grofse Kosten geschehn kann, sie in dem Dünenterrain ganz zu beseitigen.

Was die Anpflanzung von Bäumen und Gesträuchen betrifft, so mag darüber nur bemerkt werden, dafs in den Niederungen unmittelbar hinter der künstlichen Vordüne oft schon sehr erwünschte Gelegenheit hierzu sich bietet. Vorzugsweise gedeiht hier die Eller oder die Else, und zwar eben sowol die gewöhnliche, wie die weifse. Sie leidet aber nicht, wenn der Boden auch noch so tief liegt, dafs er beim Anschwellen der See zur Zeit heftiger Stürme durch Grundwasser inundirt wird. Ein sehr grofser Vorzug derselben vor andern Baumgattungen besteht darin, dafs schon in dem ersten Sommer rings um die jungen Stämme der Boden sich mit Sandegge zu überziehn pflegt. Auch Birken, Pappeln und Espen gedeihen hier, aber doch weniger schnell und kräftig, als die Else, und der Boden neben diesen Bäumen pflegt viel länger kahl zu bleiben.

Solche Culturen, die in der Tiefe begonnen werden, dehnen sich leicht von selbst landeinwärts aus, namentlich wenn sie soweit angewachsen sind, dafs sie Samen tragen. Hierbei tritt aber noch

›r günstige Umstand ein, dafs sie einen sehr kräftigen Schutz den
ıhinter belegenen Flächen bieten. Das in Fig. 81 dargestellte Pro-
der Frischen Nehrung bei Grofs-Bruch läfst an der Höhe des
ebüsches am Fufse der ersten Düne erkennen, wie die Pflanzung
ch landwärts ausdehnt, dieses geschah hier ohne irgend eine künst-
he Beihülfe. Bei Befestigung der wandernden Dünen ist aber die
npflanzung von Sträuchern vor ihrem Fufse von der äufsersten
'ichtigkeit, weil dadurch nicht nur die Kraft des Windes gemä-
igt, sondern auch der untere Theil der Dossirung gedeckt wird.

Zur Bepflanzung der höheren Theile der Dünen eignet sich in
ıserm Klima wohl allein die Kiefer, mit der die älteren Dünen
ch auch von selbst überzogen haben, sobald sie vor dem Hinzu-
eten neuer Sandmassen gesichert waren. Dieser Gegenstand ge-
ört indessen unbedingt der Forstwirthschaft an, woher er hier über-
angen wird.

§. 28.

Wirkung des Windes auf den Sand.

Im Vorstehenden ist vielfach von der Einwirkung des Windes
ıuf den trockenen Seesand die Rede gewesen, und es sind Er-
ährungen darüber mitgetheilt, wie letzterer von jenem in Bewegung
ɟesetzt und oft sehr weit fortgetrieben wird, so wie auch, unter wel-
hen Verhältnissen diese Bewegung aufhört und der Sand sich ab-
agert. Obwohl diese Erscheinungen an sich keineswegs befrem-
lend sein können, so dürfte es doch nöthig sein, den Zusammen-
ıang derselben mit bekannten Gesetzen noch näher nachzuweisen.

Ich habe in dieser Beziehung eine Reihe von Beobachtun-
ɡen angestellt, indem ich in den Luftstrom, der aus einem Blase-
alge austrat, feinen trockenen Sand hineinfliefsen liefs. Letzterer
urde von der Luft erfafst und horizontal fortgeführt, bis er sich
uf ein dahinter liegendes Reifsbrett, das in beiden Richtungen durch
'arallel-Linien von 1 Zoll Abstand eingetheilt war, ablagerte. Diese
.blagerung konnte also ihrer Form nach sehr leicht bestimmt wer-
en, und indem ich sowol dichte, als durchbrochene senkrechte
Wände, theils normal gegen den Luftstrom, theils unter beliebiger
ichtung gegen denselben aufstellte, so ergaben sich Erscheinungen,

die mit den oben angeführten nahe übereinstimmten, und deren Einzelheiten sich, wenn auch nur mit mäfsiger Schärfe, doch messen und in bestimmten Zahlenwerthen angeben liefsen. Die Sandablagerungen sind, mit einem Pantographen übertragen, auf Taf. XIV dargestellt. Bevor jedoch zur nähern Betrachtung derselben übergegangen werden kann, mufs auf einen wesentlichen Unterschied zwischen diesem Experiment im Kleinen und der Erscheinung im Grofsen aufmerksam gemacht werden.

Der Wind, der den Sand an der Meeresküste in Bewegung setzt, ist, wenn auch jederzeit dabei gewisse, und oft sehr auffallende Verschiedenheiten in der Richtung und Stärke an einzelnen Stellen vorkommen, doch eine allgemeine Strömung, die in sehr grofser Breite und mit gleicher Geschwindigkeit weit ausgedehnte Flächen trifft. Die Wirkungen, die sie ausübt, werden daher, sofern die Beschaffenheit des Bodens nicht selbst hierzu Veranlassung giebt, an den verschiedenen Stellen dieselben sein, auch vermindert sich die Geschwindigkeit nicht dadurch, dafs andre Luftmassen, die ursprünglich an der Bewegung nicht Theil nahmen, von derselben mit erfafst werden und sonach wegen der gröfseren Masse, die in Bewegung gesetzt wird, die Geschwindigkeit sich vermindert. Dieses geschieht nicht, weil die gesammte Luft, welche eine gröfsere Fläche überdeckt, schon in der Strömung begriffen ist. Ihr Moment ist auch so grofs, dafs der Widerstand, den sie auf den Unebenheiten der Erdoberfläche und beim Begegnen von Waldungen und dergleichen erfährt, im Ganzen sie nur in geringem Maafse abschwächt, und bei Betrachtung kleinerer Theile, wie etwa einzelner Dünen, diese Verzögerung ganz unbeachtet bleiben darf.

In den Versuchen konnte dagegen nur ein feiner Luftstrahl dargestellt werden, der durch die umgebende ruhende Luft hindurchdrang. Die Erscheinungen, die beobachtet werden sollten, konnten daher nur in der Breite dieses Strahles wahrgenommen werden. Derselbe theilte aber seine Bewegung auch der umgebenden Luft mit, er nahm daher zwar sehr merklich an Breite zu, indem er aber immer aufs Neue grofse Massen mit sich fortrifs, so schwächte er sich so sehr, dafs er in der Entfernung von 3 bis 4 Fufs schon ganz aufhörte, oder wenigstens seine Geschwindigkeit unmefsbar klein wurde.

Um die beobachtete Einwirkung auf den Sand richtig beurthei-

zu können, mufste nothwendig dieser Strahl selbst genau untert werden. Durch eine Bleiröhre von 0,5 Zoll Durchmesser wurde aus dem Blasebalge austretende Luft geführt. Diese Röhre war Ende durch eine dünne und vertikale Metallplatte geschlossen, n sich in der Höhe von 0,7 Zoll über dem Reifsbrette die feine lufsöffnung befand. Letztere hielt 0,153 Zoll im Durchmesser. der gewählten Belastung des Blasebalges, die in allen Messununverändert dieselbe blieb, zeigte ein Manometer, das ohnfern Ausflufsöffnung an die Bleiröhre angekittet war, den Druck gleich r Wassersäule von 1,18 Zoll. Auf den Quadratzoll betrug der :k also 21,08 Gramme.

Die Richtung der Bewegung liefs sich durch kleine Fähnn aus dünnem Bleche, oder bei schwächerer Strömung auch aus ier, die auf einer Nadelspitze schwebten, leicht erkennen. Wenn das Papierblättchen horizontal gerichtet war und wieder mit m Gegengewichte im Gleichgewicht gehalten wurde, während uf einer feinen horizontalen Nadel ruhte, und sich um letztere en konnte, so zeigte es auch schwache aufwärts gerichtete Strögen an, deren Neigung gegen den Horizont sich jedoch nicht er ermitteln liefs, weil die Breite dieser Ströme meist sehr gee war.

Um die Mittellinie des Luftstrahles sicher bestimmen und hier- das Reifsbrett genau einstellen zu können, wurde noch ein er kleiner Apparat, nämlich ein Flügelrad benutzt, das für en Zweck sich gut bewährte. An eine feine, vertikal aufgestellte el, die auf ihrer Spitze ruhte, waren zwei kreisförmige Papieriben, deren Durchmesser gleich 0,6 Zoll war, befestigt, und diese en an ihrem Umfange gleichmäfsig vertheilt, sechs kleine Pastreifen, deren Ebenen radial gerichtet waren. Wenn man die Instrument in den Luftstrahl stellte, so drehte es sich in derjen Richtung, in der es von dem stärkeren Strome getroffen wurde, Drehung, die immer sehr heftig war, hörte aber auf, sobald die el in der Achse oder der Mittellinie des Strahles stand. Hier en die beiderseitigen Einwirkungen gleich grofs, es erfolgte da- Ruhe, oder vielmehr es traten abwechselnd sehr schwache Dregen nach der einen und der andern Seite ein.

Die Geschwindigkeit der Strömung mit einiger Sicherheit nessen, gelang mir nicht, in sofern die hierzu dienenden Appa-

rate jedenfalls so klein sein mufsten, dafs sie nur solche Strahlen umfafsten, in denen die Geschwindigkeit nicht gar zu verschieden war. Zwischen schraubenförmig abgeschnittenen kleinen Prägewerken aus hartem Holze liefsen sich wohl in sehr dünnem Messingbleche Flügelscheiben von 1 Zoll Durchmesser darstellen, aber die Anbringung der Vorrichtung zum Zählen der Umdrehung, wie bei dem Woltman'schen Flügel, war wegen der nothwendigen leichten Beweglichkeit und noch mehr wegen der eben so nothwendigen Beschränkung auf einen sehr kleinen Raum, unmöglich. Die letzte Bedingung durfte aber nicht unbeachtet bleiben, weil sonst der Apparat die Strömung wesentlich verändert und sonach zu ganz unpassenden Resultaten geführt haben würde.

Diese Messung liefs sich indessen dadurch ersetzen, dafs der Druck der strömenden Luft auf eine kleine Scheibe beobachtet wurde. Hierzu bediente ich mich der Bifilar-Waage. Indem dieselbe wenig bekannt ist und gewifs auch in der Hydrodynamik mit grofsem Nutzen vielfach angewendet werden kann, so dürfte es nicht unpassend sein, sie hier zu beschreiben und ihre Anwendung nachzuweisen.

Die Figuren 91 *a* und *b* zeigen das Instrument in der Ansicht von der Seite und von oben, und zwar in seiner halben Gröfse. Eine starke Messingscheibe trägt in ihrer Mitte eine cylindrische Stange, um welche der untere bewegliche Arm sich dreht, an welcher er auch zugleich, indem er sie umfafst, sich etwas erheben oder senken kann. Dieser Arm hängt an zwei gleich langen und gleich weit von der Achse entfernten möglichst leichten, also sehr feinen Seidenfäden. Letztere sind an einen andern Arm befestigt, der mittelst einer Schraube so eingestellt werden kann, dafs der untere Arm, bevor er dem zu messenden horizontalen Drucke ausgesetzt wird, nahe über der Scheibe schwebt und zugleich auf den Nullpunkt der Gradeintheilung einspielt, welche auf einem Quadranten der Scheibe angebracht ist. Der bewegliche Arm trägt an dem andern, dem Zeiger entgegengesetzten, Ende die kleine Papierscheibe, gegen welche der Druck der Luft gemessen werden sollte. Dieselbe war einen halben Zoll breit und eben so hoch. Ein daran aufgekittetes Stückchen Kork, welches das Ende des Armes umfafste, diente zur Befestigung der Scheibe an den letzteren. Damit der Arm selbst von dem Luftstrome möglichst wenig getroffen würde,

' dünn ausgefeilt und aufserdem noch mit einer Zuschär-
ihn. Die Papierscheibe stand lothrecht, und in solcher
dafs die durch sie gelegte Ebene die Achse des Instru-
f. Endlich wäre zu bemerken, dafs dieser Arm so aus-
ı wurde, dafs sein Schwerpunkt, nachdem die Scheibe
stigt war, in die Mitte der kreisförmigen Oeffnung fiel,
lie cylindrische Achse umfafste.
ıs ergiebt sich schon die Anwendung des Apparates. So-
ch die Papierscheibe von dem horizontalen Luftstrome ge-
d, so dreht sich der untere Arm um die Achse, und in-
iden immer sehr nahe in gleicher Weise gespannt blei-
rändern sie nicht ihre Länge. Der untere Arm mufs da-
er gedreht wird, sich auch etwas heben, und wenn man
ionen und das Gewicht der betreffenden Theile des Ap-
nittelt hat, so findet man leicht die Beziehung zwischem
ntalen Drucke, dem die Scheibe ausgesetzt wird, und
l, um welchen der Arm sich dreht. Damit aber der
Scheibe stets normal trifft, auch letztere an derjenigen
t, wo man den Druck messen will, so mufs man wäh-
eobachtung das ganze Instrument soweit drehen, bis diese
n erfüllt sind. Es ist daher vortheilhaft, eine Unterlags-
einem niedrigen kreisförmigen Rande zu benutzen, wo-
Drehung leicht auszuführen ist, ohne dafs die Achse ihre
ndert. Die Unterlagsscheibe war bei meinen Messungen
alb nothwendig, um die Papierscheibe in die Höhe der
Luftstromes zu bringen. Man benutzt dieses Instrument
in der Art, dafs der untere Arm nur an den beiden Fä-
nicht aber zugleich noch durch die cylindrische Achse
ird. In solchem Falle müssen jedoch beide Enden die-
ganz übereinstimmenden Pressungen ausgesetzt werden,
sehr starke Schwankungen einzutreten pflegen. Letztere
h bei der hier dargestellten Einrichtung keineswegs ganz,
leshalb durfte die geringe Reibung, welche die feste Achse
veranlafst, unbeachtet bleiben.
ziehung zwischen dem gegen die Papierscheibe aus-
orizontal-Drucke und dem Winkel, unter wel-
ntere Arm seine Stellung verändert, läfst sich leicht nach-
ı Fig. 92 sei *DBA* der untere Arm in seiner ursprüng-

lichen Lage, also bevor die Kraft darauf einwirkte, dieselbe Linie stellt sonach auch den obern festen Arm dar. Die vertikale Drehungs-Achse befinde sich in C und der untere Arm habe sich in Folge des gegen den Angriffspunkt D' ausgeübten Normaldruckes P bis $D'B'A'$, also um den Winkel φ gedreht. Die beiden Fäden seien sowol oben wie unten in dem Abstande $= a$ von der Achse an die beiden Arme befestigt, und die Länge jedes Fadens sei l. Ferner sei der Abstand des Angriffspunktes der Kraft P von der Achse gleich b und das Gewicht des beweglichen Armes mit Einschlufs der Papierscheibe gleich G.

Wenn der untere Arm in der angegebenen Weise sich gedreht hat, so behalten die beiden Fäden nicht mehr ihre lothrechte Stellung bei, sondern sind vielmehr schräge gerichtet, so dafs sie bei der Projection auf den Horizont in die geraden Linien AA' und BB' fallen. Die Spannung jedes dieser beiden Fäden, die gleich S sei, zerlege man in drei rechtwinklig gegen einander wirkende Kräfte, nämlich

1. nach der Längenrichtung des Armes. Diese Kraft ist der Linie $B'E$ proportional, also gleich

$$\frac{a\,(1-\operatorname{Cos}\varphi)}{l}\,.\,S$$

2. nach derjenigen Horizontalen, welche den Arm normal trifft, also BE. Diese ist gleich

$$\frac{a \operatorname{Sin}\varphi}{l}\,.\,S$$

3. endlich nach der Vertikalen. Der Werth derselben ergiebt sich gleich

$$\frac{1}{l}\sqrt{(l^2 - EB^2 - EB'^2)}\,.\,S$$

oder durch Einführung von a und φ

$$= \sqrt{\left[1 - 2\,\frac{a^2}{l^2}(1-\operatorname{Cos}\varphi)\right]}\,.\,S$$

$$= \left[1 - \left(\frac{2a}{l}\operatorname{Sin}\tfrac{1}{2}\varphi\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}.\,S$$

Die letzte oder die vertikale Spannung und zwar in beiden Fäden hält dem Gewichte des untern Armes das Gleichgewicht. Man hat also

$$\tfrac{1}{2}\,G = \left[1 - \left(\tfrac{2a}{l}\,\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}\,\varphi\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} . S$$

ber

$$S = \tfrac{1}{2}\left[1 - \left(\tfrac{2a}{l}\,\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}\,\varphi\right)^2\right]^{-\frac{1}{2}} . G$$

Hieraus läfst sich die Spannung der Fäden berechnen, und wenn man den Werth derselben in den unter 2. angegebenen Ausdruck für die horizontale, normal gegen den Arm gerichtete Componente, die mit K bezeichnet werden mag, einführt, so ergiebt sich

$$K = \frac{a}{2l}\,\mathrm{Sin}\,\varphi\left[1 - \left(\tfrac{2a}{l}\,\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}\,\varphi\right)^2\right]^{-\frac{1}{2}} . G$$

Diese Spannung tritt in gleichem Sinne in beiden Fäden ein, indem beide die Tendenz haben, den Arm in seine ursprüngliche Stellung zurückzudrehn. Sie wirken aber gleichmäfsig in der ganzen Länge der Fäden und treffen daher den Arm in den Punkten B' und A', also in dem Abstande a von der Achse. Ihr Moment ist demnach gleich

$$2aK$$

dagegen das Moment des Druckes

$$bP$$

ist. Beide halten sich wieder das Gleichgewicht, woher

$$P = \frac{2a}{b} . K$$

$$= \frac{a^2}{bl}\,\mathrm{Sin}\,\varphi\left[1 - \left(\tfrac{2a}{l}\,\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}\,\varphi\right)^2\right]^{-\frac{1}{2}} . G$$

Dieser Ausdruck läfst sich in vielen Fällen noch wesentlich vereinfachen, insofern

$$\left[1 - \left(\tfrac{2a}{l}\,\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}\,\varphi\right)^2\right]^{-\frac{1}{2}} = 1 + \tfrac{1}{2}\left(\tfrac{2a}{l}\,\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}\,\varphi\right)^2 + \tfrac{3}{8}\left(\tfrac{2a}{l}\,\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}\,\varphi\right)^4$$
$$+ \tfrac{5}{16}\left(\tfrac{2a}{l}\,\mathrm{Sin}\,\tfrac{1}{2}\,\varphi\right)^6 + \ldots\ldots$$

ist. Gemeinhin ist nämlich $2a$ viel kleiner als l, auch pflegt der Winkel $\frac{1}{2}\,\varphi$ nicht grofs zu werden, woher in der letzten Reihe allein das erste Glied einen merklichen Werth behält, und die folgenden vernachlässigt werden können. Man erhält also annähernd

$$P = \frac{a^2}{bl}\,\mathrm{Sin}\,\varphi\,.\,G$$

Die unter 1. bezeichnete Componente der Spannung, ni
in der Längenrichtung des Armes, ist bei dieser Untersuchung
weiter in Betracht gekommen, man überzeugt sich auch leicht
diese Pressungen in beiden Fäden einander gleich, aber sich
entgegengesetzt sind, woher sie sich gegenseitig aufheben.

In dem von mir benutzten Instrumente wurde

$$a = 0{,}635 \text{ Zoll}$$
$$l = 5{,}20 \text{ Zoll}$$
$$b = 2{,}85 \text{ Zoll}$$
$$\text{und } G = 3{,}861 \text{ Gramme}$$

gefunden.

Mit den beschriebenen Apparaten wurde nun der Luftstr
tersucht, bevor seine Wirkungen auf den Sand beobachtet w
Dieser Strom trat aus der Zuleitungsröhre horizontal aus, w
sehr dünne Blechscheibe, worin die Ausflufsmündung sich
mit grofser Vorsicht in vertikale Richtung gebracht war.
sich auch aus keiner Erscheinung eine Neigung des Strahles
den Horizont zu erkennen. Das Reifsbrett mit den darauf
nen netzförmigen Linien wurde so gelegt, dafs die Mittellini
in die Richtung des Strahles fiel, und diese Einstellung kon
niger sicher nach den kleinen Fähnchen, die immer stark sc
ten, als vielmehr nach dem bereits beschriebenen Flügelrädc
folgen.

Die Wirkung des Luftstromes liefs sich an den Fähnche
in dem Abstande von 3 Fufs erkennen, während die Bifilar-
schon in der Entfernung von $2\frac{1}{4}$ Fufs von der Ausflufsöffnu
etwa um 1 Grad ausschlug. Zunächst kam es darauf an, zu
suchen, in welchem Maafse die Stärke des Stromes un
in seiner Achse gemessen, bei zunehmender Entfernung si
mindert.

Nach der Bezeichnung auf dem Reifsbrette traf die A
öffnung auf 1,45 Zoll der Theilung, und in den nachstehend
gebenen Punkten x derselben Theilung wurden mittelst der
Waage die Pressungen gemessen, deren Werthe, auf 1 Qua
reducirt, mit P bezeichnet sind. Ich fand im Mittel aus n
chen Wiederholungen, und zwar indem ich nicht den Näh
werth, sondern den scharfen vorstehend angegebenen Ausdr
Berechnung des Luftdruckes benutzt hatte, die folgenden Press

für $x =$ 8 Zoll	$P =$ 0,321 Gramme
$=$ 10	$=$ 0,217
$=$ 12	$=$ 0,175
$=$ 14	$=$ 0,128
$=$ 16	$=$ 0,101
$=$ 18	$=$ 0,080
$=$ 20	$=$ 0,065
$=$ 22	$=$ 0,044
$=$ 24	$=$ 0,036

Im die Abnahme des Druckes bei wachsender Ent-
ıng, oder die Beziehung zwischen P und x zu ermitteln, be-
ich zunächst die erste und letzte Beobachtung, indem ich ei-
ısdruck

$$P = \alpha \,.\, s^{z}$$

brunde legte, wo s den Abstand der Papierscheibe von der
ßöffnung, also

$$s = x - 1{,}45$$

et. Hieraus ergab sich

$$z = -1{,}8$$

essungen sind also nahe den Quadraten der Abstände umge-
proportional.

h erwähne sogleich, dafs ich bei gleichmäfsiger Berücksich-
der sämmtlichen Beobachtungen, also bei Anwendung der
le der kleinsten Quadrate, vielfache Versuche machte, eine
e Uebereinstimmung dadurch herbeizuführen, dafs ich den
ıck

$$P = \alpha s^{-2} + \beta s^{z}$$

runde legte, und den positiven oder negativen Werth von z
Dieser Versuch gelang mir indessen nicht. Wenn ich aber

$$s = x + y$$

also gleichzeitig den Abstand s noch um eine constante Gröfse
ırte oder verminderte, so stellte sich für z eine sehr grofse
ınd zwar mit negativem Zeichen heraus. Das zweite Glied
wand also, und die Beobachtungen stellten sich am einfachsten
emlich genau wieder dar, wenn die Form

$$P = \alpha\,(x + y)^{-2}$$

t wurde. Hiernach hat man

$$(x + y)\sqrt{P} = \sqrt{\alpha}$$
$$o = x\sqrt{P} - \sqrt{\alpha} + y\sqrt{P}$$

Dieser Ausdruck entspricht demjenigen, der zur Auffind zweier Constanten nach der Methode der kleinsten Quadr benutzt wird:

$$o = n + ar + bs$$

Man hat also

$$n = x\sqrt{P}$$
$$a = -1$$
$$b = \sqrt{P}$$

und die Unbekannten sind

$$r = \sqrt{\alpha}$$
$$s = y$$

Die wahrscheinlichsten Werthe dieser Unbekannten r und geben sich aus den beiden Gleichungen*)

$$o = \Sigma na + r\,\Sigma aa + s\,\Sigma ab$$

und
$$o = \Sigma nb + r\,\Sigma ab + s\,\Sigma bb$$

Das Zeichen Σ bedeutet die Summe der Producte der b fenden Gröfsen, wie sich diese aus allen einzelnen Beobacht herausstellen. Beispielsweise ist

$$\Sigma nb = \Sigma (x\sqrt{P}.\sqrt{P})$$
$$= \Sigma xP$$
$$= 8 . 0{,}321 + 10 . 0{,}217 + 12 . 0{,}175 + .$$

Man findet hiernach

$$r = \sqrt{\alpha} = 4{,}978$$

also
$$\alpha = 24{,}786$$

und
$$s = y = +0{,}364$$

Die wahrscheinlichen Fehler in diesen Bestimmungen sind

für $\sqrt{\alpha}$ ... 0,181

und für y 0,502

Der wahrscheinliche Fehler von α ergiebt sich, wenn m Einflufs desjenigen von $\sqrt{\alpha}$ gehörig berücksichtigt, gleich 1,8

Beide Gröfsen sind also mit sehr bedeutenden wahrschei

*) Grundzüge der Wahrscheinlichkeits-Rechnung von G. Hagen. Berl § 30. – Die Ausführlichkeit in der Bezeichnung der vorstehenden Rechn dadurch entschuldigt werden, dafs diese Methoden in der wissenschaftli handlung der Wasserbaukunst bisher noch wenig Eingang gefunden h daher manchem Leser fremde sein dürften.

lern behaftet, wie dieses auch nicht anders sein kann, da die ige wegen des anhaltenden Schwankens kaum bis auf 1 Grad er abzulesen war. Zur Vergleichung der gemessenen und beneten Werthe von P mögen noch beide zusammengestellt werden.

	beobachtet	berechnet
für $x = 8$	$P = 0{,}321$	$P = 0{,}355$
$= 10$	$= 0{,}217$	$= 0{,}231$
$= 12$	$= 0{,}175$	$= 0{,}162$
$= 14$	$= 0{,}128$	$= 0{,}120$
$= 16$	$= 0{,}101$	$= 0{,}093$
$= 18$	$= 0{,}080$	$= 0{,}074$
$= 20$	$= 0{,}065$	$= 0{,}060$
$= 22$	$= 0{,}044$	$= 0{,}050$
$= 24$	$= 0{,}036$	$= 0{,}042$

Gewifs erscheint es sehr auffallend, dafs die Abstände, deren drate den Pressungen umgekehrt proportional sind, von einem nte ab gemessen werden sollen, der nach der Theilung auf dem brette auf — 0,36 Zoll trifft, also 1,81 Zoll hinter der Ausflufsng liegt. Man dürfte wohl voraussetzen, dafs der Luftstrahl kegelförmig ausbreitet und hierdurch würde sich die Abnahme Druckes ungefähr erklären, dafs aber die Spitze des Kegels soinnerhalb der Röhre liegt, zeigt, dafs eine äufsere Ursache unlbar neben der Ausströmungsöffnung wesentlichen Einflufs en und an dieser Stelle die Regelmäfsigkeit der Erscheinung brechen mufs. Man kann aber schon 1 gegen 80 wetten, dafs eobachtungen nicht so unrichtig sind, dafs hierdurch sich die gung der Kegelspitze hinter die Ausflufsöffnung erklären liefse. as gefundene Resultat ergab sich auch eine sehr auffallende igung, als ich in den Luftstrom Sand einfliefsen liefs. Schon guren 83 bis 90 lassen dieses erkennen, doch mufsten diese chtungen immer sehr bald abgebrochen werden, damit nicht n höheren Sandablagerungen die verschiedenen Stärken derunkenntlich würden. Als ich aber eine längere Zeit hinbei fortgesetzter Bewegung des Blasebalges den Sand dauernd iefsen liefs, erhielt ich sehr scharf begrenzte Sandablagerunbeiden Seiten des Luftstromes, deren Grenzen, wenn sie rückverlängert wurden, sich wieder innerhalb der Röhre und zwar ! Zoll hinter der Ausflufsöffnung schnitten. Dieses auf ganz

verschiedene Art gefundene Resultat schliefst sich also so genau, wie die mangelhafte Schärfe der Grenzlinien es gestattet, dem der Rechnung an. Die Erscheinung erklärt sich aber ohne Zweifel dadurch, dafs der austretende Strahl die umgebende Luft mit sich fortreifst, und hiedurch sogleich hinter der Oeffnung eine grofse Breite annimmt. Wenn ich eine der kleinen Fahnen seitwärts aufstellte, so gab sich daran auch sogleich zu erkennen, wie die umgebende Luft der Ausflufsöffnung zuströmte.

Hiermit steht noch eine andre Erscheinung in Verbindung, welche bei der ersten Anordnung des Apparates eine grofse Unregelmäfsigkeit in den Sandablagerungen veranlafste. Um nämlich das Gefäfs, woraus der Sand abflofs, in möglichst einfacher Art aufstellen zu können, so wurde dieses durch ein Brettchen getragen, welches auf einer Seite neben der Ausflufsöffnung lag, also hier das Zuströmen der Luft in gewissem Grade verhinderte, ohne jedoch den Strahl selbst, wie sehr er sich auch verbreiten mochte, zu berühren. Der Erfolg davon war, dafs die Sandablagerungen auf dieser Seite zu die Mittellinie des Strahles auffallend näher herantraten, als an der gegenüber liegenden. Der Strahl konnte also an der Seite, wo der Zutritt der äufsern Luft in gewissem Maafse behindert war, sich nicht so weit ausbreiten, als an der andern. Indem aber auch bei den spätern Beobachtungen eine vollständige Symmetrie in der Umgebung der Ausflufsöffnung sich nicht darstellen liefs, so erklären sich hieraus die geringen Unregelmäfsigkeiten, welche die Zeichnungen nachweisen.

Wenn der Luftdruck nach dem entwickelten Gesetze bis zur Spitze des Kegels zunähme, so würde er in der letzteren 24,786 Gramme betragen, während er am Manometer, das an die Bleiröhre gekittet war, nur gleich 21,08 Gramme gemessen wurde. Die letzte Angabe bezieht sich aber in der That auf den im Blasebalge statt findenden Druck, und ist nicht etwa dadurch vermindert, dafs dieser Druck in Folge der schwachen Strömung in der Röhre sich schon verringert hatte. Dieses ergab sich daraus, dafs das Manometer während der Wirkung des Blasebalges unverändert denselben Stand behielt, wenn auch die Ausflufsmündung geschlossen wurde. Unmittelbar vor der Ausflufsöffnung würde nach demselben Gesetze der Druck 7,57 Gramme auf 1 Quadratzoll messen, also nur etwa den dritten Theil des Werthes annehmen, den er auf der innern

scheibe hat. Dieser Unterschied läfst gleichfalls darauf
dafs beim Austreten des Strahles aus der Oeffnung der-
ch eine grofse Luftmasse in Bewegung setzt, und dadurch
ät des Druckes sich wesentlich vermindert.

ichst kam es darauf an, zu untersuchen, in welcher Weise
l sich verbreitete. Dafs dieses wirklich geschah, ergab
Waage sehr augenscheinlich. Indem sie von der Aus-
ffnung 3 Zoll entfernt war, bewegte sie sich erst, nach-
e bis auf 0,5 Zoll der Mittellinie des Strahles genähert
Abstande von 6 Zoll geschah dieses schon bei einer An-
on 1,2 Zoll, bei 9 in 1,6 und bei 12 Zoll in 2,4 Zoll Ab-
der Mittellinie. Sehr auffallend zeigten auch die kleinen
diese Verbreitung. Nur in der Mittellinie strömte die
el zur Achse des Strahles, seitwärts von derselben diver-
ichtung. Die Abweichungen waren indessen immer sehr
d nur vorübergehend schlugen die Fähnchen bis auf 12
, während sie bei ruhigem Stande nicht mehr, als etwa
wichen. Ohnfern der Grenze der Strömung war die Ab-
größer, als in der Nähe der Mittellinie, doch war der
l nicht bedeutend, und im Allgemeinen divergirte die Strö-
unter dem Winkel von 4 bis 6 Graden gegen die Rich-
Mittellinie.

sen Richtungen, welche die Fähnchen angaben, mafs ich
erlinie, die $8\frac{1}{2}$ Zoll vor der Ausflufsöffnung lag, die Pres-
Luftstromes. Ich fand dieselben

in der Achse . . .	0,22	Gramme
1 Zoll seitwärts .	0,10	-
2 - - .	0,00	-

iner andern Linie, $13\frac{1}{2}$ Zoll von der Ausflufsöffnung ent-
en die Pressungen:

in der Achse . .	0,115	Gramme
1 Zoll seitwärts .	0,099	-
2 - - .	0,051	-
3 - - .	0,014	-
4 - - .	0,000	-

giebt sich hieraus, dafs der Strahl, indem er sich ausbrei-
wegs an allen Stellen desselben Querschnittes gleiche Ge-
eit hat, diese vielmehr in der Achse am gröfsten ist und

nach den Seiten hin sich allmählig vermindert, bis sie endlich ganz verschwindet.

Die vorstehende Untersuchung des Luftstrahles, der zur Darstellung der Sandablagerungen im Kleinen allein benutzt werden konnte, war nothwendig, um die letzteren richtig aufzufassen und ihren Zusammenhang mit den großsartigen Erscheinungen am Meeresstrande und auf den Dünen nachzuweisen. Auf die wesentliche Verschiedenheit zwischen diesem Experimente und den Wirkungen, die der Wind veranlaſst, ist bereits aufmerksam gemacht, wenn man aber die so eben entwickelten Eigenthümlichkeiten des isolirten Strahles berücksichtigt, so zeigen dennoch beide eine überraschende Uebereinstimmung, und indem der Versuch im Kleinen sich beliebig abändern und durch alle Abstufungen leicht verfolgen läſst, so führt er zur Erklärung jener groſsen Naturerscheinungen und zeigt, wie diese auch in Betreff der Sandablagerungen und der Dünenbildung sich wieder an die allgemeinen Gesetze der Mechanik anschlieſsen.

Zu den Beobachtungen, welche sich auf das Treiben des Sandes beziehn, wurde der beschriebene Apparat ganz unverändert beibehalten, weil es darauf ankam, die Wirkungen desselben Luftstrahles, der in seinen Einzelheiten bereits bekannt war, durch directe Versuche darzustellen. Zunächst entstand die Frage, in welcher Weise der Sand der Einwirkung des Luftstromes am passendsten ausgesetzt werden könnte. Eine Veränderung oder Modification des letzteren muſste dabei jedenfalls vermieden werden, weil solche zu Sandablagerungen Veranlassung gegeben hätte, die den normalen Erscheinungen ganz fremde gewesen wären. Aus diesem Grunde durfte keine Schüttung neben der Ausfluſsmündung vor dem Beginne des Versuches angebracht werden, die der Strom nach und nach forttreiben sollte. Es blieb nur übrig, den Sand in feinem Strahle auf den Luftstrahl fallen zu lassen. Dieses war leicht zu erreichen, indem ich ein mit Sand gefülltes Gefäſs in geringer Entfernung über dem Zuleitungsrohre aufstellte, und durch eine am Boden angebrachte Oeffnung den Sand ausflieſsen lieſs. Es ist bekannt, daſs die Ausströmung des Sandes von der Druckhöhe ganz unabhängig ist und daher sehr gleichmäſsig erfolgt, so lange die Oeffnung noch nicht frei wird, auſserdem findet in dem ausflieſsenden Sandstrahle auch eine Contraction statt, deren Coefficient mit

des Wassers sehr nahe übereinstimmt*), wenn in beiden Fäl-
ie Oeffnungen in dünnen Blechen angebracht sind. Die Aus-
ffnung am Boden des mit Sand gefüllten Gefäfses hielt sehr
a 0,10 Zoll im Durchmesser, war also schon an sich kleiner,
iejenige, durch welche die Luft ausströmte, während in Folge
Contraction der Unterschied sich vielleicht noch vergröfserte.
Sobald der Blasebalg in Bewegung gesetzt war, wurde der her-
lende Sand sehr vollständig von dem Luftstrome erfafst, so dafs
wenige Körnchen unterhalb der Oeffnung auf das Reifsbrett
rfielen. Dieses geschah jedoch nur, wenn das Sandgefäfs ganz
rf so eingestellt war, dafs beide Strahlen in ihren Mittellinien
kreuzten. Bei den unvermeidlichen Erschütterungen konnte
Bedingung nicht immer erfüllt werden, und in solchem Falle
gten die Ablagerungen auf dem Reifsbrette nicht mehr symme-
, sondern bildeten sich auf derjenigen Seite am stärksten aus,
ler Luftstrahl den meisten Sand auffing, und alsdann wurde
ein Theil des Sandes gar nicht erfafst und fiel senkrecht herab.
etzteren zu beseitigen und um zugleich den Schieber, der über
usflufsöffnung lag, schon vor dem Beginne der Beobachtung
kziehn zu können, so wurde in das Reifsbrett eine trichterför-
Oeffnung eingeschnitten, welche allen Sand, der senkrecht her-
auffing, und in ein darunter stehendes Gefäfs leitete. Der
nte Schieber mufste indessen jedesmal schon geschlossen wer-
während der Luftstrahl noch in voller Stärke ausströmte, weil
nfalls der letztere, sobald er schwächer wurde, ganz andere
erungen veranlafst haben würde, als jener vorher untersuchte
onstante Strom bildete.

Das Reifsbrett war, wie bereits erwähnt, mit einem Netze von
n Linien überzogen, die sich rechtwinklig schnitten und 1 Zoll
inander entfernt waren. Sie waren sämmtlich numerirt und
ittellinie des Reifsbrettes wurde, wie bereits erwähnt, durch
hieben des letzteren unter die Achse des Luftstromes gebracht.
andablagerungen erfolgten in der Art, dafs zunächst vor der

Die Resultate der Untersuchungen, welche ich über den Druck und das
men des Sandes früher angestellt habe, sind in den Monats-Berichten der
r Academie der Wissenschaften 1852, Sitzung vom 19. Januar, Seite 53
eilt.

Oeffnung wegen der heftigen Strömung kein Körnchen li
ben konnte, während die geringere Geschwindigkeit an b
ten des Strahles die Anhäufung der Sandkörnchen gestatt
Stärke der Ablagerung bezeichnete daher bis zu der
diese ihr Maximum erreichte, die Abnahme der Luftströmu
seits dieser Grenze gestaltete sich das Verhältnifs aber ga
insofern hier der Sand nicht mehr in der entsprechenden M
zugeführt wurde und endlich durch die nur noch wenig
nicht bewegte Luft auch kein Sand beigeführt werden kon
jenigen Stellen des Reifsbrettes, welche ganz frei von San
wurden daher entweder von der stärksten oder von gar ke
mung getroffen. In der Richtung des Luftstrahles zeigt
dessen noch in der Entfernung bis zu 3 Fufs von der A
nung eine sehr schwache Ablagerung, wo also die Bewe
Luft schon so geringe war, dafs sie unmöglich noch die
bis dahin treiben konnte. Man mufs also annehmen,
Körnchen, die hier niederfielen, schon bei dem ersten Z
treffen mit dem Luftstrahle so heftig gestofsen wurden, d
zu dieser Entfernung entweder unmittelbar, oder, wie e
schein hatte, durch wiederholtes Aufsetzen oder Ricoche
überflogen.

Der Sand, den ich benutzte, war von dem Strand
see entnommen, ziemlich fein, und von dunkler Farbe, wi
vielfach als Streusand benutzt. Er besteht aus kleinen ve
artig gefärbten, abgerundeten Quarzkörnchen, doch befi
darunter auch solche, die vom Magnet angezogen werde
schwarzer Farbe sind. Auffallend war es, dafs bei den A
gen, die der Luftstrom verursachte, keine Sonderung de
denen Körnchen erfolgte, die doch wegen der abweichen
fischen Gewichte zu erwarten gewesen wäre. Die Körncl
nahe dieselbe Gröfse. Diese wird im Folgenden näher
sen werden. Feiner Staub kommt darin gar nicht vor, w
bei dem Wellenschlage, wobei diese Ablagerungen am Mee
sich bilden, schon ausgespült und durch den rücklaufen
entfernt war. Man hebt diesen Sand in sehr dünnen
etwa von einem halben Zoll Stärke ab, weil er alsdann
sten und am gleichmäfsigsten ausfällt. Einzelne gröfsere
pflegen aber dennoch darin sich vorzufinden, diese mufs

r Benutzung zu den in Rede stehenden Versuchen durch leises
ben entfernen, weil sonst bei zufälligem Zusammentreffen meh-
rer solcher Körnchen die Oeffnung gesperrt und der Sandstrahl
rbrochen worden wäre.

Bei Bestimmung der Stärke der Ablagerungen legte ich drei
stufungen zum Grunde, die am sichersten sich erkennen lie-
. Die erste Grenzlinie trennte den ganz frei gebliebenen Raum
n demjenigen, worauf die Sandkörnchen vereinzelt lagen. Nichts
sto weniger mufste dabei schon von denjenigen Körnchen abge-
n werden, die ziemlich entfernt von einander waren, weil sonst
r freie Raum gar zu sehr beschränkt und bei manchen Beobach-
ngen gar nicht vorhanden gewesen wäre. Ich beachtete daher
jenigen Körnchen nicht mehr, die weiter, als 2 Linien von ein-
der entfernt waren. Die nächste Grenzlinie wurde an derjenigen
lle gezogen, wo die Körnchen hin und wieder einander schon
ührten, oder wo Gruppirungen begannen. Die dritte endlich um-
diejenigen Ablagerungen, welche das Reifsbrett vollständig über-
kten, so dafs das weifse Papier darunter gar nicht mehr, oder
h nur an vereinzelten kleinen Stellen sichtbar blieb. Diese drei
stufungen weisen die Figuren in den helleren oder dunkleren
chen nach.

Das Auftreiben des Sandes wurde jedesmal nur so lange fort-
etzt, als die eigenthümlichen Erscheinungen, die vorzugsweise
Gegenstand der Beobachtung waren, noch sicher bemerkbar blie-
. So war es zum Beispiel bei Anwendung dichter oder durch-
hener Wände von besonderer Wichtigkeit, die schwächeren Ab-
rungen unmittelbar vor denselben noch darzustellen, diese ver-
wanden indessen sehr bald, indem sie sich auch vollständig mit
d überdeckten. Das Hinzutreiben frischen Sandes mufste daher
n aufhören, ehe dieses geschah.

Bei der erwähnten Eintheilung des ganzen Reifsbrettes durch
Netz von numerirten Linien war es sehr leicht, jene Grenzen
anderes in gleichen Abständen liniirtes Papier zu zeichnen, und
so dargestellten Figuren wurden mittelst des Pantographen
den kleinen Maafsstab übertragen, der für die Figuren 83 bis
gewählt ist. In allen diesen ist die Mittellinie des Strahles
ch die punktirte Linie bezeichnet, auch zugleich die Stellung der
flufsöffnung angegeben.

Abstand von der Ausflufsöffnung hört die Bewegung des Sandes auf, denn die Körnchen, die darüber hinaus lagen, wurden nur in Folge des schon früher ihnen mitgetheilten Stofses so weit getrieben, und die Anhäufung würde sich an dieser Stelle nicht gebildet haben, wenn der Luftdruck daselbst noch eine Bewegung veranlassen konnte. Der Druck beträgt hier nach dem obigen Gesetze 0,057 Gramme auf den Quadratzoll, oder auf den gröfsten Querschnitt eines Körnchens 0,0000064 Gramme, also ist derselbe dem siebenten Theile des Gewichtes des Körnchens gleich. Durch einen solchen wird letzteres nicht mehr bewegt, was auch an sich sehr wahrscheinlich war.

Fig. 84 zeigt die Ablagerung des Sandes, die sich bildete, wenn der Strahl gegen eine normal davor aufgestellte senkrechte Wand stiefs. Letztere war, wie auch in den folgenden drei Beobachtungen (Fig. 85, 86 und 87), 12 Zoll lang und 6½ Zoll hoch und schnitt die Mittellinie jedesmal in 8¼ Zoll Abstand von der Ausflufsöffnung. Ihre Höhe war so bedeutend, dafs kein Sandkörnchen hinüberflog. Unmittelbar vor ihr bildeten sich sehr auffallende Seitenströmungen, die auch über die Wand hinaus sich noch durch die Richtung der Fähnchen zu erkennen gaben. Sie sind durch die beiden Pfeile bezeichnet. Ihre Stärke wurde durch die Pressungen gegen die Papierscheibe bestimmt. In der Mittellinie des Strahles und zwar einen halben Zoll vor der Wand ergab sich der Druck auf 1 Quadratzoll nur noch 0,142 Gramme, während er an derselben Stelle, ehe die Wand aufgestellt wurde, gleich 0,217 gefunden war. Die Seitenströme veranlafsten unmittelbar neben der Wand und zwar in nachstehend angegebenen Abständen von der Mittellinie des Strahles die folgenden Pressungen auf 1 Quadratzoll.

In	Zoll	Abstand	Gramme
In	1 Zoll	Abstand	0,156 Gramme
	2 -	-	0,129 -
	3 -	-	0,095 -
	4 -	-	0,072 -
	5 -	-	0,058 -
	6 -	-	0,033 -

Im Abstande von 7 Zoll, also schon über die Wand hinaus, zeigten die Fähnchen noch die gleiche Richtung des Luftstromes an, doch war derselbe hier schon so geschwächt, dafs die Bifilar-Waage nicht mehr mefsbar ausschlug.

Sobald ich den Sand gegen die, in dieser Art aufgestellte Wand

fliegen liefs, so sprangen die Körnchen daran etwa 1 Zoll hoch empor, und fielen alsdann wieder zurück, wodurch die stärkere Ablagerung vor der Wand, selbst in der Mittellinie, sich bildete. Der dagegen tretende Luftstrom griff diese aber fortwährend an, so dafs sie keine grofse Breite gewinnen konnte. Es gab sich sogleich eine schmale Rinne neben der Wand zu erkennen, die anfangs ganz leer blieb, sich aber nach und nach füllte, sobald die Ablagerung davor sie dem unmittelbaren Angriffe des Luftstromes entzog, doch auch später liefs sie sich noch wahrnehmen. Die Beobachtung wurde abgebrochen, sobald die Körnchen sich hier stark gruppirt hatten, weil später diese Rinne nicht mehr sicher zu erkennen gewesen wäre. Letztere war etwa 2 Linien breit und wurde ohne Zweifel durch die Seitenströmung veranlafst. Diese Strömung blieb aber, wie aus der Messung des Druckes sich bereits ergiebt, sehr geringe, weil die Wand nur an einer Stelle von dem schwachen Luftstrahle, nicht aber, wie auf dem Seestrande geschieht, von einem sehr breiten Strome getroffen wurde. Es kann hiernach nicht befremden, dafs diese wichtige Erscheinung im Experimente sich in viel geringerer Ausdehnung, als in der Wirklichkeit zu erkennen giebt. Ich mufs noch erwähnen, dafs die Ablagerung sehr nahe in gleicher Weise erfolgte, wenn ich diese Wand durch eine andre, eben so aufgestellte, jedoch nur 1 Zoll hohe vertauschte. Ueber letztere flogen indessen einzelne Sandkörnchen hinüber, so dafs der Raum dahinter sich gleichfalls mit zerstreut liegenden Körnchen überdeckte.

Fig. 85 zeigt die Ablagerung, die sich bildete, wenn die erste vertikale Wand nicht normal gegen die Mittellinie des Strahles gerichtet war, sondern einen Winkel mit derselben machte, dessen Tangente gleich 3 war, oder der 71° 33,'9 mafs. Der Sand trieb hier augenscheinlich schon sehr stark nach derjenigen Seite, wo die Wand gegen den Strahl einen stumpfen Winkel bildet, nichts desto weniger entwich die Luft noch nach beiden Seiten der Wand, wie dieses sich auch an der Fortsetzung der Rinne in dem spitzen Winkel erkennen läfst. Die Stärke der Strömung in beiden Richtungen war jedoch schon auffallend verschieden. Der Druck derselben wurde an beiden Enden der Wand gemessen, und zwar ergab sich dieser im stumpfen Winkel gleich 0,058, im spitzen dagegen nur 0,021 Gramme auf den Quadratzoll.

enn die Richtung der Wand nach Fig. 86 um 45 Grade von
tellinie des Luftstrahles abwich, so war die Parallel-Strö-
n dem spitzen Winkel nicht mehr zu erkennen, dagegen
iese sich in dem stumpfen noch ein, ohne dafs sie jedoch
fsere Stärke, als bei der früheren Stellung (Fig. 85) zeigte.
: indessen jetzt an Breite zugenommen, wie dieses sich auch
Rinne neben der Wand wahrnehmen läfst.
87 zeigt endlich die Ablagerung, die sich bildete, wenn die
nter einem Winkel, dessen Tangente gleich 0,5 ist, oder der
mifst, gegen die Mittellinie des Strahles gerichtet wurde.
zt erwähnten Erscheinungen haben sich hier noch stärker
et und die Sandmasse wird überwiegend in den stumpfen
hineingetrieben, wo sie neben der Wand wieder vor der
Ablagerung eine etwas vertiefte und breite Rinne bildet.
nächst wurde statt der dichten, eine durchbrochene
benutzt, die aus einem dünnen Brettchen von 7 Zoll Länge
an dessen unterer Seite auf 5½ Zoll Länge eine Reihe von
hen Sägeschnitten angebracht war. Das Brettchen hatte
das Ansehn eines Kammes erhalten, wobei jedoch die
cht zugespitzt waren, sondern durchweg gleiche, und zwar
Breite hatten, wie die dazwischen befindlichen Sägeschnitte.
einer rückwärts angebrachten Stütze wurde diese Wand wie-
recht auf das Reifsbrett gestellt und zwar genau überein-
mit der bereits bezeichneten Aufstellung der festen Wand.
e traf wieder in die Mittellinie des Luftstrahles und war
von der Ausflufsöffnung entfernt. Auch bildete sie gegen
ung des Strahles nach einander die Winkel von 90, 71½
Graden.
88 zeigt die Ablagerungen, welche eintraten, wenn die
n Strahl normal auffing, und diese unterscheiden sich we-
von denjenigen an der dichten Wand, insofern die stärkste
ng des Sandes theils unmittelbar vor und theils dicht hin-
Wand eintrat, während jene vertiefte Rinne, durch die Pa-
mung veranlafst, hier gar nicht zu bemerken war. Auch
chen, wenn sie an die Wand und selbst an den äufseren
Theil derselben gerückt waren, liefsen solche Seitenströmung
ennen. Die bewegte Luft drang also grofsentheils durch

stellte. Der Raum zwischen beiden überdeckte sich alsdann so mit Sand und die Ablagerungen dehnten sich auch an beide fsern Seiten der Wände viel schneller aus. Der Versuch im nen bestätigte also vollständig die Angemessenheit des oben beschriebenen Verfahrens, wonach zur Bildung der Vordüne durchbrochene Wände hinter einander gestellt werden.

Vierter Abschnitt.

Anordnung der Seehäfen.

stellte. Der Raum zwischen beiden überdeckte sich alsdann sogleich mit Sand und die Ablagerungen dehnten sich auch an beiden äussern Seiten der Wände viel schneller aus. Der Versuch im Kleinen bestätigte also vollständig die Angemessenheit des oben (§ 26) beschriebenen Verfahrens, wonach zur Bildung der Vordüne zwei durchbrochene Wände hinter einander gestellt werden.

Vierter Abschnitt.

Anordnung der Seehäfen.



§. 29.

Verschiedenheit der Häfen.

ie Seehäfen haben eine ganz andre Bestimmung, als die Flufsfen, und sind daher von viel gröfserer Bedeutung, als diese. Die zteren dienen, wie bereits im zweiten Theile dieses Handbuches 98) erwähnt ist, zur Sicherung der Fahrzeuge gegen Eisgang oder gen die heftige Strömung, die zur Zeit der höchsten Anschwelngen eintritt, sowie auch zur Erleichterung der Ueberwachung derlben, so oft sie nicht benutzt werden. Das Befrachten und Entden der Flufsschiffe auf dem Strome selbst oder auf Canälen ist agegen mit keinerlei Gefahr verbunden, und geschieht daher auch st immer an den natürlichen oder an den zu diesem Zwecke künstich befestigten Ufern derselben.

Ganz anders verhält es sich mit der Seeschiffahrt. Es kommt wohl niemals vor, dafs ein Seeschiff an das Ufer des offenen Meees anlegt. Schon die mangelnde Tiefe vor dem Strande verbietet dieses und es könnte daher nur vor Felsufern geschehn, die sich eil aus dem Grunde erheben. Vorzugsweise gestattet aber die Wellenbewegung, die nur ausnahmsweise und auf kurze Zeit aufrt, und sich alsdann wieder sehr schnell und oft ganz unerwartet stellt, nicht die unmittelbare Annäherung an das Ufer. Das Schiff irde ebensowol bei der Berührung mit dem aufgeschwemmten Boen, wie mit einer felsigen Küste der augenscheinlichsten Gefahr sgesetzt sein.

Nur in Buchten, die gegen die herrschenden Winde geschützt ad, findet man Landebrücken, die bis über die Untiefen neben m Strande herausgeführt sind, und an deren äufsern Enden die hiffe unmittelbar anlegen und nicht nur Passagiere, sondern auch

Güter daselbst absetzen und aufnehmen. Beispiele kommen in England mehrfach vor. So ist eine solche Landebrücke an der südlichen Küste der Grafschaft Sussex bei Brighton 1100 Fuſs weit in die flache Bucht hinausgeführt, welche westwärts durch die Insel Wight und auf der Ostseite durch das Vorgebirge Beachy-Head geschützt wird. Dieser Bau ist noch insofern wichtig, als er einer der ersten war, wobei das System der Hängebrücken in Anwendung kam. Um ihn vor dem Wellenschlage möglichst zu sichern, erhielt er Spannungen von 220 Fuſs. Auf der Insel Wight ist vor Ryde zu gleichem Zwecke eine noch längere Landebrücke in gewöhnlicher Holzconstruction über die ausgedehnten Sandflächen fort bis zu etwas tieferem Wasser in den schmalen Arm hinausgeführt, der diese Insel von dem Ufer bei Portsmouth trennt.

Auch an der Ostsee kommen an geschützten Stellen ähnliche Anlagen vor. So sieht man bei Blandow auf dem nördlichen Ufer von Jasmund auf der Insel Rügen eine leicht construirte Landebrücke, über welche die dort fabricirte Schlemmkreide verladen wird. Die Meeresbucht davor ist gegen alle südlichen und westlichen Winde geschützt, aber dennoch dürfen die Schiffe nur bei sehr günstiger und ruhiger Witterung daselbst anlegen, auch ist die Brücke bei Nord- und Oststürmen vielfachen Beschädigungen ausgesetzt, und selbst vor vollständiger Zerstörung nicht gesichert.

An der westlichen Seite der Mündung des Hafens von Dover wird seit mehreren Jahren ein massiver Damm erbaut, der bereits etwa 400 Fuſs vor das Ufer vortritt und die Wassertiefe von 40 Fuſs erreicht hat. Er soll die beabsichtigte, rings umschlossene Rhede auf der Westseite begrenzen, doch fehlen gegenwärtig noch die andern Theile dieser groſsartigen Anlage, aber er gewährt bereits den Schiffen wesentlichen Schutz, die nach der Richtung des Windes entweder östlich oder westlich von ihm vor Anker gehn. Die Dampfböte, welche die Verbindung mit Calais vermitteln, legen gleichfalls an ihn an, und zwar wieder nach der jedesmaligen Richtung des Windes entweder an seiner östlichen, oder der westlichen Seite, während auf ihm die Eisenbahn sich befindet, auf der Reisende und Güter sogleich weiter befördert werden. Dieser Damm bildet nach den auf Veranlassung des Parlamentes darüber angestellten Vernehmungen eine sehr sichere Anlegestelle für Schiffe, doch wird dabei des Umstandes erwähnt, daſs südöstliche Stürme, welche zu beiden

eiten eine starke Wellenbewegung veranlassen würden, wegen der Nähe der gegenüberliegenden Französischen Küste nur von geringer Wirkung sind, und dafs der Uebergang eines heftigen Windes von Westen nach Osten immer durch Norden erfolgt, so dafs also zwischen den Zeiten, wo die Wellen den Damm von der einen und der andern Seite treffen, jedesmal eine gewisse Abstillung des Wassers erfolgt, in welcher die Schiffe Gelegenheit haben, ihren Ankerplatz oder ihre Anlegestelle zu wechseln. Es ergiebt sich hieraus, dafs der Bau in seiner jetzigen Ausdehnung zwar bereits sehr nützlich ist, dafs er aber dennoch nicht die Bequemlichkeit bietet, welche der grofse Verkehr fordert. Der Damm bildet, je nachdem die Wellen von der einen, oder der andern Seite anlaufen, eine ziemlich geschützte Bucht, deren Sicherheit aber aufhört, sobald der Wind umsetzt.

Wenn nach dem Vorstehenden auch hin und wieder in Buchten oder in engen Meeresarmen ein Anlegen der Schiffe an solche Landebrücken erfolgt, so bezieht sich dieses doch immer nur auf einen sehr beschränkten Verkehr, und der grofse Handel fordert unbedingt geschützte Liegeplätze für die Seeschiffe, worin mit voller Sicherheit die Ladungen eingenommen oder gelöscht werden können, und wo die Schiffe, auch ohne vollständig bemannt zu sein, überwintern oder zu andrer Zeit ohne Gefahr liegen, wenn sie nicht gebraucht werden.

Vielfach kommt es auch vor, dafs Ladungen aufserhalb des Hafens und zwar vor demselben, auf der Rhede, eingenommen oder gelöscht werden. Das Schiff ankert alsdann auf tiefem Wasser und die Ladung wird auf flachen Lichterfahrzeugen zu- oder abgeführt. Man ist hierzu gezwungen, so oft die Hafenmündung sich so sehr verflacht hat, dafs die Schiffe mit voller Ladung nicht ein- und auslaufen können. Aufserdem mufs dasselbe auch geschehn, wenn Holz oder Getroide von einem an der See belegenen Orte, der keinen Hafen hat, unmittelbar in Seeschiffe verladen werden soll. Das Letzte findet zum Beispiel bei dem Städtchen Leba in Hinterpommern statt, wo aus den benachbarten Forsten grofse Holzmassen auf dem Lebaflusse herabgeflöfst und hier verladen werden. Die Mündung dieses Flusses ist aber nur etwa 3 Fufs tief, daher können selbst die kleinen Dänischen Jachten nicht einlaufen, auch sogar dürfen sie sich dem flachen Strande nicht weit nähern. Sie müssen

daher in der Entfernung von etwa einer Viertel Meile vor Anker gehn, und das Holz mufs entweder in kleine Böte verladen, oder wenn es Langholz ist, herausgeflöfst werden. Letzteres ist besonders sehr beschwerlich, und da die Flöfse bei dem langsamen Fortgange leicht von einem inzwischen entstehenden Winde, auch wohl durch eine heftigere Küstenströmung erfafst werden, so treibt das Holz nicht selten fort. Für das Fahrzeug, das vor Anker liegt, tritt aber auch zuweilen grofse Gefahr ein, und ohne Rücksicht darauf, ob es seine volle Ladung hat, oder nicht, müssen bei zunehmendem Winde die Anker gelichtet und die Segel beigesetzt werden. Ganz ähnlich sind die Verhältnisse, wenn vor einem gröfseren Hafen, dessen Mündung nicht die nöthige Wassertiefe hat, die ankommenden und ausgehenden Schiffe den ersten oder letzten Theil der Ladung auf der Rhede löschen oder einnehmen müssen, weil sie nur mit geringerem Tiefgange die Mündung passiren können. Dieses war in früherer Zeit bei Pillau beinahe immer nothwendig, aber in jedem Jahre wiederholten sich dabei auch Unglücksfälle, indem Holzflöfse forttrieben oder Theile anderer Ladungen verloren wurden, auch wohl die Lichterfahrzeuge in weiter Ferne Schutz suchen mufsten und selbst die grofsen Seeschiffe vor den Ankern trieben, und indem sie die Küste nicht mehr frei segeln konnten, auf den Strand gesetzt wurden.

Um die Güter mit Sicherheit löschen und verladen zu können, mufs das Schiff dem Wellenschlage ganz entzogen werden. Dieses ist vorzugsweise der Zweck des Seehafens. Welche Anforderungen an einen solchen zu stellen sind, damit sowol die Schiffe beim Ein- und Auslaufen und während sie darin liegen, keiner Gefahr ausgesetzt werden, als auch, dafs der Verkehr sich möglichst erleichtert, wird im Folgenden ausführlich zu behandeln sein. Hier mag nur bemerkt werden, dafs ein Handelshafen ausgedehnte und geräumige Kais mit den nöthigen Krahnen und Speichern erfordert, dafs auch Land- und Wasserstrafsen nach dem Binnenlande ihm nicht fehlen dürfen, während man in neuerer Zeit häufig Eisenbahnen bis zu den Anlegestellen der Schiffe führt. Es müssen ferner die nöthigen Anstalten zum Neubau und zur Reparatur der Schiffe, so wie auch zur Versorgung derselben mit frischem Wasser, mit Ballast und dergleichen getroffen sein.

Der Kriegshafen unterscheidet sich wesentlich vom Handels-

ıfen dadurch, dafs er nur zur Unterbringung und Ausrüstung der Kriegsschiffe dient, nicht aber für den öffentlichen Verkehr bestimmt t. Eine vollständige Ausschliefsung des letzteren ist bei ihm theils ı Betreff der Erhaltung der Disciplin der Mannschaft und theils zur icherung der grofsen Masse des werthvollen Materials geboten, wähmd andrerseits der öffentliche Verkehr in ihm so vielfach gehemmt nd erschwert würde, dafs dieser doch keinen gedeihlichen Fortgang ewinnen könnte. In früherer Zeit wurde diese Trennung weniger eachtet, doch hat man sich gegenwärtig von der Nothwendigkeit erselben in allen Fällen überzeugt, wo gröfsere Flotten unterhalten 'erden. Hiernach gestaltet sich ein Kriegshafen zu einem grofsargen Etablissement, von dem jeder Theil seine besondere Bestimmung erhält. Die Räumlichkeiten und Anlagen müssen aber in der ırt geordnet werden, dafs die Benutzung derselben möglichst beuem und ohne gegenseitige Störung erfolgen kann. Der vordere Theil des Hafens nimmt die in Dienst gestellten Schiffe auf, die um Auslaufen bereit sind. Zur Seite desselben pflegen die Casernen sich zu befinden. Weiterhin ist der Hafen für die Ausrüstung estimmt. Hier stehn in der Nähe desselben die Magazine, welche lie verschiedenen Gegenstände, auch die Waffen, Munition und Proiant enthalten. Ganz getrennt und wenn nicht vielleicht an einem esonderen Bassin, sind am hintern Theile des Hafens die Anlagen um Neubau und zur Reparatur der Schiffe vereinigt, also vorzugsreise die Hellinge, Trocken-Docks, die Holzvorräthe, daneben auch lie Schmieden und verschiedenen mechanischen Werksätten nebst len Magazinen der Rohstoffe. Aufserdem müssen Gräben für die Aufbewahrung der Masten, Seilspinnereien, ferner Pulvermagazine, Beamtenwohnungen, Lazarethe und dergleichen nicht fehlen. Das ganze Etablissement ist aber mit Festungswerken umgeben, um es gegen Angriffe von der Landseite, und vorzugsweise von der Seeeite zu sichern.

Die letzte Rücksicht erfordert eine ganz besondere Vorsicht, eitdem die weit tragenden Geschütze Anwendung gefunden haben. Wenn in einem Kriege zwischen civilisirten Völkern ein Handelsıafen auch vom Feinde blokirt oder genommen wird, so würde es lennoch heutiges Tages als ein ganz ungerechtfertigter Vandalismus rscheinen, wenn die Speicher und Schiffe zerstört und verbrannt verden sollten. Anders verhält es sich mit der Kriegsflotte und dem

12*

Kriegshafen. Die Vernichtung beider wird der Feind sich jedesmal zur Aufgabe machen, sobald sich irgend die Gelegenheit dazu bietet. Die an der Hafenmündung und sonst am Ufer errichteten Festungswerke können dieses aber nicht verhindern, wenn das Etablissement sich in der Nähe der offenen See befindet. Es bleibt daher nur übrig, dasselbe soweit zurückzulegen, dafs es vom Meere aus durch kein Geschofs erreicht werden kann, und am sichersten liegt es, wenn es aufserdem noch durch Gebirge und hohe Ufer von dort her dem Blicke vollständig entzogen ist. Es kommt alsdann nur darauf an, das Einlaufen feindlicher Schiffe in den Hafen zu verhindern, was durch Forts, die das Fahrwasser der Länge nach bestreichen, am sichersten zu erreichen ist, wiewohl die in neuester Zeit eingeführten Panzerschiffe auch in dieser Beziehung eine viel gröfsere Vorsicht bedingen dürften.

Ein ferneres Erfordernifs eines Kriegshafens ist seine leichte Zugänglichkeit und zwar bei allen Wasserständen. Wenn diese Bedingung aber nicht vollständig erreicht werden kann, und etwa der innere Theil des Hafens durch Schleusen geschlossen, also in ein Dock verwandelt werden mufs, so ist wenigstens darauf zu sehn, dafs vor demselben ein hinreichend tiefes, jederzeit zugängliches Bassin sich befindet, das rings um von fortificatorischen Anlagen umgeben ist, welche das Eindringen feindlicher Schiffe verhindern. Vor diesem darf keine Schleuse liegen, weil dadurch das Ein- und Auslaufen verzögert werden würde. Die Wirksamkeit der ganzen Flotte, wie des einzelnen Schiffes, wird aber wesentlich dadurch verstärkt, wenn der günstige Zeitpunkt zum Auslaufen ohne Aufenthalt benutzt, und andrerseits, falls eine überlegene feindliche Macht ein schnelles Zurückgehn fordern sollte, die Schiffe bei der Rückkehr in dem Hafen sogleich Schutz finden. Die Englischen Kriegshäfen liegen sämmtlich in Meeresbuchten, die zwischen Felsenufern sich mit hinreichender Tiefe soweit in das Land hineinziehn, dafs durch die Forts zu beiden Seiten das Einlaufen feindlicher Schiffe verhindert werden kann. Ganz dasselbe ist auch in Frankreich bei Brest und Toulon der Fall und der neuere Französische Kriegshafen bei Cherbourg befindet sich hinter dem grofsartigen Steindamme, der die Rhede gegen Wellenschlag sichert, und durch die darauf erbauten drei Forts in Verbindung mit den gegenüber auf der Insel Pelée und auf dem festen Lande aufgeführten Werken, einen feind-

chen Angriff wenigstens sehr erschwert. In dem eigentlichen Hafen ist aber ein offener geräumiger Vorhafen von solcher Tiefe angebracht, dafs selbst die gröfsten Schiffe beim Niedrigwasser zur Zeit der Springfluthen darin noch sicher schwimmen, und wenn vor der Mündung desselben diese Tiefe auch nicht vollständig dargestellt ist, so wird diese durch fortgesetztes Sprengen des Felsengrundes doch beabsichtigt, und es ist zu erwarten, dafs die Schiffe selbst bei dem kleinsten Wasserstande bald in dieses Bassin werden ein- und auslaufen können.

Auch in die Niederländischen, nur im flachen Lande eingerichteten Kriegshäfen können die Schiffe, ohne eine Schleuse zu berühren, so weit gelangen, dafs sie vor den Geschossen der auf der See liegenden Flotte, sowie auch durch die vor- oder seitwärts belegenen Forts gegen Verfolgung gesichert sind. Der Hafen Nieuwen-Diep (Fig. 28) kann nur unter den Kanonen der Forts bei Huisdainen und an der Mündung des Hafens erreicht werden. Von der offenen See ist er etwa eine Meile weit entfernt. Vlissingen liegt hinter den engen Fahrwassern der Mündung der Schelde und über 2 Meilen von der See entfernt. Der Zugang feindlicher Schiffe wird daher auch hier durch die an den Ufern befindlichen Forts verhindert, aber dennoch bildet ein offener, durch keine Schleuse geschlofsner Vorhafen den Zugang zu dem eigentlichen Kriegshafen.

Die Anlage einer Schleuse vor einem Kriegshafen würde aber auch noch in andrer Beziehung höchst bedenklich und gefährlich sein. Wenn nämlich die feindlichen Schiffe sich derselben in der Richtung der Hafenmündung soweit nähern könnten, dafs die Thore von den Geschossen zu erreichen wären, so würden dieselben ohnfehlbar sogleich zerstört und dadurch der Zweck der Schleuse nicht nur in der wichtigsten Zeit vereitelt, sondern aufserdem auch der Zugang zum Hafen vollständig gesperrt werden. Wenn also wegen des starken Fluthwechsels der innere Hafen in ein Dock verwandelt werden mufs, und die Schleuse nicht entbehrt werden kann, so ist es nothwendig, diese an eine Stelle zu verlegen, wo sie vor den Geschossen feindlicher Schiffe vollständig gesichert ist.

Diese Andeutungen mögen in Betreff der Kriegshäfen genügen, für welche die Verbindung mit dem Binnenlande und die Erhaltung der Tiefe in ihren Mündungen eben so wichtig ist, wie für Handelshäfen. In letzter Beziehung findet zwischen beiden kein wesentli-

cher Unterschied statt, obwohl der Kriegshafen eine sehr grofse Tie
fordert, da ausgerüstete Linienschiffe nach der älteren Bauart 27 Fu
eintauchen, und selbst dieses Maafs für grofse gepanzerte Schiffe
nicht genügen dürfte.

Als eine besondere Art von Seehäfen sind ferner die sogenann-
ten Quarantaine-Häfen zu erwähnen. Dieselben dienen zur
Aufnahme solcher Schiffe, durch welche die Einführung anstecken-
der Krankheiten besorgt wird. Neben manchen Handelshäfen, die
einen directen Verkehr mit dem Orient oder den Westindischen In-
seln vermitteln, sind besondere Liegeplätze für solche Schiffe be
stimmt, auf welche die Quarantaine Anwendung findet, wo also di
Besatzung und die Passagiere an Bord bleiben müssen. Dieses ge
schieht zum Beispiel bei Cuxhaven, woselbst verdächtige Schiffe au
fserhalb des Hafens an einer wenig geschützten Stelle an der Elb
ankern und den Ablauf der vorschriftsmäfsigen Zeit abwarten mü
sen. An der Ostsee kommen ähnliche Quarantaine-Anstalten nic
vor, weil schon im Sunde in dieser Beziehung die nöthige Aufsic
geführt wird. Nur zur Zeit des ersten Erscheinens der Cholera, i
Jahre 1831, sollten aus den wichtigeren Preufsischen Häfen die ve
dächtigen Schiffe auf andre Liegeplätze verwiesen werden, bevor j
doch diese eingerichtet waren, hatte die Krankheit sich bereits s
weit verbreitet, dafs es der Absperrung nicht mehr bedurfte.

Sehr zweckmäfsig ist der Quarantaine-Hafen bei Marseille eing
richtet, woselbst die lebhafte Verbindung mit dem Orient eine A
lage dieser Art besonders nöthig machte. In einem Abstande v
etwas mehr als einer halben Deutschen Meile vom Hafen liegen nah
neben einander die beiden kleinen felsigen Inseln Ratoneau und P
mégue, die zusammen auch der Frioul genannt werden. Ein Stei
damm ist durch den schmalen Meeresarm, der sie trennt, seit lä
gerer Zeit hindurchgeführt und in dieser Art sind Liegeplätze f
die Quarantaine-Schiffe gewonnen. Damit diese jedoch beim Dr
hen des Windes nicht in Gefahr kommen, so ist später auf der ö
lichen Seite des Armes von der Insel Ratoneau aus noch ein zwe
ter Damm ausgeführt, der sich bis auf 480 Fufs der Insel Pomég
nähert. Hierdurch ist ein Hafen gebildet, der bei grofser Wasse
tiefe gegen alle Winde geschützt ist. Die Quarantaine-Anstalt b
findet sich auf der letztbenannten Insel, die niemand betreten, od
vielmehr niemand ohne besondere Erlaubnifs verlassen darf. Di

... hat auch hinreichende Ausdehnung, so dafs die nach einander auf verschiedenen Schiffen angekommenen Personen getrennt werden können, um die Uebertragung der Krankheit von einer Mannschaft auf die andre zu verhindern.

Eine eigenthümliche Art von Häfen sind noch die Sicherheits- oder Zufluchts-Häfen. Sie werden benutzt, wenn Schiffe während der Fahrt bedeutende Havarien erlitten haben, so dafs sie nicht mehr seefähig sind, und vorzugsweise gewähren sie Schutz bei heftigen Stürmen. Die Kunst hat in den meisten Fällen zu ihrer Bildung und Einrichtung wenig beigetragen, und sie sind nur natürliche Buchten, worin die Schiffe mit gröfserer oder minderer Sicherheit vor Anker liegen können. An der Küste von Norwegen befinden sich mehrere derselben, die in früherer Zeit von den Ostseeschiffen auf dem Wege nach England nicht selten angelaufen wurden, wodurch aber gemeinhin die Fahrt übermäfsig sich verzögerte, weil das Aussegeln sehr grofse Schwierigkeiten bot, und oft Monate hindurch auf den dazu passenden Wind gewartet werden mufste. Der Mangel an innern Verbindungen und sonach die Schwierigkeit, das Schiff mit Lebensmitteln und andern Erfordernissen zur Fortsetzung der Reise zu versehn, machte aufserdem den Besuch dieser Häfen immer sehr bedenklich, wenn auch unbedingt viele Schiffe darin Rettung gefunden haben.

Dieselbe Benennung Zufluchtshäfen (harbours of refuge) giebt man an solchen Meeren, wo ein starker Fluthwechsel statt findet, auch denjenigen Häfen, in welche die Schiffe zur Zeit des niedrigen Wassers einlaufen können. Dieses ist keineswegs der gewöhnliche Fall, vielmehr ist der Vorhafen gemeinhin nur durch Umschliefsung eines Theils der Wattgründe gebildet und mit Ausnahme der tieferen Rinnen, die sich darin zu erhalten pflegen, wird er bei der Ebbe trocken. Dieses sind die sogenannten Fluthhäfen (tidal harbours), die sich also nur während der Fluth füllen und allein zur Zeit des Hochwassers zugänglich sind. Die Schiffe müssen daher den Eintritt dieser Periode auf der offenen See oder auf der mehr oder weniger geschützten Rhede abwarten, und wenn sie eingelaufen sind, gehn sie in die Flotthäfen oder Docks, die beim Eintritt der Ebbe durch Schleusen gesperrt werden. Letztere bestehn gewöhnlich nur aus einem einzigen Haupte, welches mit einem Thorpaare versehn ist. Der Wasserstand der Fluth wird

durch sie zurückgehalten, so dafs die Schiffe in dem Dock bis zum Eintritt des nächsten Hochwassers schwimmen und nicht auf den Grund setzen.

Wie wichtig diese letzte Einrichtung auch ist und wie sehr dadurch die Anlage von Häfen unter solchen Verhältnissen erleichtert wird, so ist die zeitweise Unzugänglichkeit des Hafens doch oft für die ankommenden Schiffe höchst gefährlich. Die Englische Regierung ist seit langer Zeit auf diesen Umstand aufmerksam und hat bereits sehr grofsartige Anlagen ausführen lassen, um geschützte Buchten zu bilden, in welchen die Schiffe während starker Stürme sicher liegen können. Dieses ist auf der südlichen Küste oder am Canale sowol bei Portland, als auch bei Dover, und eben so im Irischen Canale auf der Insel Anglesey bei Holyhead geschehen. Ueberaus dringend bleibt das Bedürfnifs aber noch auf der östlichen Küste von England und zwar von der Schottischen Grenze bis zum Vorgebirge Flamborough, nördlich von der Mündung des Humber, woselbst kein stets zugänglicher Hafen existirt. Es ergiebt sich aus den darüber angestellten Untersuchungen*), dafs auf dieser etwa 150 Seemeilen langen Strecke in den fünf Jahren 1852 bis 1856 nicht weniger, als 337 Strandungen vorkamen, wobei die Schiffe total verloren wurden. Aufserdem waren in derselben Zeit hier noch 409 schwere Havarien angemeldet. Diese Verluste hatten vorzugsweise die Kohlenschiffe betroffen, die von der Tyne und aus andern benachbarten Häfen die Kohlen sowol nordwärts, als auch besonders südwärts, also nach London führen. Ohne Zweifel rühren die vielen hier eintretenden Unglücksfälle grofsentheils von der schlechten Beschaffenheit der dabei verwendeten Schiffe, ihrer ungenügenden Ausrüstung und ihrer noch mangelhafteren und unzuverlässigen Bemannung her, aber jedenfalls ist es ein sehr grofser Uebelstand, dafs die höchst frequente Küsten-Schiffahrt auf dieser langen Strecke keinen Hafen findet, der jederzeit offen wäre und bei nördlichen und östlichen Stürmen Schutz böte. Ueber die Anlage von Sicherheitshäfen an dieser Küste ist schon lange verhandelt, doch scheint es, dafs man über die Wahl der passendsten Stellen noch nicht einig ist.

*) Report from the select Committee on harbours of refuge. 1857

§. 30.
Bezeichnung der Häfen.

Abgesehn von deu verschiedenen Bedürfnissen, die sich nach
m jedesmaligen Localverhältnissen und nach den besondern Zwek-
m der Häfen herausstellen, giebt es gewisse Anforderungen, die
m, wenn sie auch keineswegs immer vollständig erfüllt werden,
ch an jeden Seehafen stellen darf.

Zunächst mufs die Lage desselben dem ankommenden Schiffer
wol bei Tage, als auch vorzugsweise in der Dunkelheit deutlich
ezeichnet werden. Nur kleinere Fahrzeuge oder sogenannte
üstenfahrer, die zwischen nahe belegenen Häfen und Strandörtern
m Verkehr vermitteln, pflegen in der Nähe des Ufers zu bleiben.
ür gröfsere Schiffe ist es theils viel sicherer, das offene Meer zu
alten, weil sie alsdann bei Stürmen weniger der Gefahr ausgesetzt
ind, auf das Ufer getrieben zu werden, theils aber verkürzt sich
r Weg gemeinhin auch sehr bedeutend, indem sie in gerader Linie
ach ihren Bestimmungsorten fahren. In dieser Weise verliert der
chiffer sehr bald das Land aus dem Gesichte, und er mufs den-
och nicht nur den richtigen Weg einschlagen, sondern auch jeder-
eit wissen, an welcher Stelle desselben er sich befindet, damit er
icht über den Bestimmungsort hinausgeht, oder unerwartet sich dem
Ufer zu sehr nähert. Für diesen Zweck sind bei gröfseren Reisen astro-
omische Beobachtungen ganz unentbehrlich, aber selbst auf kürze-
er Entfernung kann leicht die Dauer der Fahrt wegen ungünstiger
Winde sich so sehr ausdehnen, dafs die einfache graphische Dar-
tellung des Curses oder das Besteck seine Sicherheit verliert, und
lsdann der Schiffer gezwungen ist, durch Breiten- und Längenbe-
timmung den Punkt aufzusuchen, auf dem er sich befindet. Dieses
ann jedoch nur in dem Falle geschehn, dafs wenigstens für kurze
Zeit die Sonne durch die Wolken bricht oder ein sternenheller Him-
mel sich zeigt. Ohne dieses bleibt der Schiffer allein auf sein Be-
teck gewiesen. Man versteht darunter die Zeichnung des zurück-
gelegten Weges, der von vier zu vier Stunden, oder nach jeder
Wache in die Seecharte eingetragen wird. Die Richtung, in der
as Schiff segelt, ergiebt der Compas, doch darf diese nicht mit der
Richtung verwechselt werden, in der das Schiff liegt, denn es treibt

oft ziemlich stark seitwärts, und man mufs also aus dem Kielwasser, oder dem sehr kenntlichen Striche, der sich unmittelbar hinter dem Schiffe auf dem Wasser zeichnet, die Richtung entnehmen, in der das Letzte sich wirklich bewegt. Diese verbesserte Richtung wird mittelst eines Parallel-Lineals nach den Windrosen, von denen sich meist mehrere auf derselben Charte befinden, in diese eingetragen.

Die Geschwindigkeit des Schiffes oder die Fahrt wird auch gegenwärtig noch meist mit dem gewöhnlichen Log gemessen (§ 10). Die Anzahl der Knoten, die in einer halben Minute ablaufen, ist gleich der Anzahl von Seemeilen, die das Schiff in einer Stunde, oder gleich der Anzahl von geographischen Meilen, die es in vier Stunden oder in einer Wache zurücklegt. Diesen Weg trägt man mit dem Cirkel, den der Seemann den Passer nennt, auf die vorher gezogene Richtungslinie, und in dieser Weise wird die Stelle, wo das Schiff sich befindet auf der Charte markirt. Wenn die Messungen sorgfältig gemacht und eingezeichnet werden, auch der Weg sich nicht etwa durch anhaltendes Laviren gegen conträren Wind sehr verlängert, so pflegt das Besteck während einiger Tage zur Orientirung zu genügen. Bei längeren Fahrten und wenn sich nicht Gelegenheit bietet, durch astronomische Beobachtungen die Zeichnungen zu berichtigen, oder wenn vollends im heftigen Winde lange lavirt werden mufs, oder starke Meeres-Strömungen vorkommen, die das Schiff weit vertreiben, so läfst sich die Ortsbestimmung in dieser Art nicht mehr mit Sicherheit machen, und es bleibt ungewifs, vor welchen Ufern und wie nahe denselben man sich vielleicht schon befindet.

In manchen engeren und weniger tiefen Fahrwassern bietet alsdann noch das Loth (§ 11) einigen Anhalt, indem die Seecharten nicht nur die Tiefen, sondern auch die Beschaffenheit des Bodens angeben. Um dieses indessen mit Sicherheit benutzen zu können, darf das Schiff sich nur sehr langsam bewegen, man mufs also das Segelschiff in den Wind laufen lassen, oder wenn es ein Dampfboot ist, dasselbe anhalten. Als ich im vorigen Jahre von Lissabon nach Southampton fuhr, stellte sich bei der Abfahrt von Vigo ein starker Nebel ein und dieser verliefs uns während der folgenden vier Tage nicht wieder. Im Biscajischen Meerbusen war keine Gefahr, als wir aber, ohne ein Ufer gesehn, oder eine Ortsbestimmung

…cht zu haben, in den Canal eingelaufen waren und der Nebel …ch hier nicht wich, so blieb das Loth der einzige sichere Weg-…iser und jede Stunde mufste das Dampfboot angehalten, das Loth …geworfen und der Boden, den es heraufbrachte, sorgfältig unter-…cht werden.

Wenn unter solchen Verhältnissen oder auch bei heiterer Luft, …ährend das Besteck unsicher geworden ist, plötzlich ein Ufer sicht-…r wird, so kommt es darauf an, dieses sogleich zu erkennen, um …nach die weitere Fahrt im richtigen Curse fortzusetzen. Die See-…rten enthalten zu diesem Zwecke eine grofse Anzahl von An-…hten der Ufer, wie sie von der Seeseite aus erscheinen, und …sind darauf sehr vollständig alle Gegenstände angegeben, wie Ge-…ge, Dünen, Waldungen, Windmühlen und andre höhere Gebäude, …lche die einzelnen Punkte kenntlich machen und von andern un-…scheiden. Auch legt der erfahrne Seemann grofses Gewicht dar-…, aus dem Gedächtnisse jedes Ufer sogleich zu erkennen, wel-…s er vor sich sieht. In früherer Zeit galt diese Kenntnifs (nach … Holländischen Benennung auch bei uns Landvertoonung ge-…nt) für eines der wichtigsten Erfordernisse eines Schiffs-Capi-…s. Nichts desto weniger ist das Ansehn einer Küste doch in vie-… Fällen nicht so entscheidend, dafs keine Verwechselung möglich …n sollte, und namentlich ist dieses bei der weiteren Ausdehnung … Verkehrs in neuerer Zeit viel schwieriger, als es früher war, …il der Schiffer häufig in fremde Gegenden kommt, die er noch … gesehn hat. Aus diesem Grunde ist es nothwendig, in gewis-… Entfernungen recht auffallende Bezeichnungen anzubringen, die …gleich sicher erkannt und nicht mit andern verwechselt werden …nen. Dieses sind die sogenannten Landmarken, die man zum …terschiede von den Leuchtthürmen, die gleichfalls als solche …nen, auch Tagemarken nennt, wenn sie während der Nacht …ht erleuchtet werden. Es sind theils thurmähnliche Bauwerke …n pyramidaler, cylindrischer oder andrer Form, theils nur grofse …tter, an starke Pfähle befestigt, die verschiedene einfache und …sammengesetzte Figuren darstellen.

Diese Marken sind indessen nur bei Tage sichtbar. Um die …ste während der Nacht zu bezeichnen, müssen weit reichende …chtsignale angewendet werden. Dieses sind die Leuchtthürme, … zwar die Küstenfeuer. Verschieden davon sind die Hafen-

feuer, die nur in geringeren Entfernungen sichtbar sein dürfen, und allein den Zweck haben, die Eingänge in die Häfen, oder auch vielleicht einzelne besonders enge Fahrwasser zu markiren. Jene müssen soweit tragen, dafs, bevor der Schein eines Feuers verschwindet, schon das nächste sichtbar wird. Die Englische und vielleicht noch mehr die Französische Küste sind meist so vollständig erleuchtet, dafs man in ihrer Nähe bei klarem Wetter wenigstens zwei und oft sogar drei Feuer gleichzeitig erblickt. Aufserdem müssen sie aber auch so verschieden sein, dafs man sie nicht verwechseln kann. Letzteres ist dringend nothwendig, weil ein solcher Irrthum die gröfste Gefahr veranlafst. Selbst die auffallendste Verschiedenheit des Lichtes wird bei stürmischer Witterung und Regen zuweilen nicht bemerkt, weil die Feuer alsdann meist verdunkelt sind und nur ausnahmsweise während kurzer Zeit wahrgenommen werden können. Besonders geschieht dieses, wenn die Wachen den Dienst auf den Schiffen nicht mit der nöthigen Aufmerksamkeit versehn. So strandete einst nördlich von Pillau ein nach Danzig bestimmtes Schiff, weil der Capitain das Pillauer Feuer für das Helaer gehalten hatte. Ein grofses Schiff zerschellte vor etwa zehn Jahren an der Französischen Küste, weil das Feuer bei Barfleur für eines am Englischen Ufer angesehn wurde.

Um die nöthigen Abwechselungen der Feuer darzustellen, hatte man im Anfange dieses Jahrhunderts vielfach gefärbtes Licht angewendet, indem die Laternen mit rothen, grünen, auch wohl noch andern Scheiben versehn waren. Es zeigte sich jedoch bald, dafs das Licht hierdurch aufserordentlich geschwächt wurde, und aufserdem trat dabei noch der grofse Uebelstand ein, dafs die Atmosphäre zuweilen die Farben wesentlich ändert. So nimmt z. B. das weifse Licht im Nebel die rothe Färbung an, während das grüne Licht alsdann weifs erscheint. Verwechselungen konnte daher hierdurch nicht vorgebeugt werden, im Gegentheile wurden sie sogar durch die verschiedenen Färbungen veranlafst, und zwar geschah dieses gerade unter solchen Umständen, wo die deutliche Bezeichnung der Küsten am nothwendigsten war, weil der Nebel die unmittelbare Erkennung derselben verhinderte. Man ist deshalb von der Anwendung farbiger Scheiben und Cylinder bei Küstenfeuern meist zurückgekommen und nur die Hafenfeuer haben ziemlich allgemein ro-

as Licht erhalten, um beim Einsegeln, wobei das Schiff ihnen also bon sehr nahe ist, mit jenen nicht verwechselt zu werden.

Demnächst werden zuweilen auch zwei Leuchtthürme neben ander, oder auf einem zwei Feuer, eines über das andere stellt. Hierdurch verhindert man sehr sicher jede Verwechselung it andern, aber die Kosten der Einrichtung und Unterhaltung verßfsern sich dabei in hohem Maafse.

Am häufigsten unterscheidet man heutiges Tages die Feuer darch, dafs einige fortdauernd das volle Licht um sich werfen, anre dagegen dieses nur abwechselnd thun, indem gewisse Schirme ı der Laterne durch Uhrwerke bewegt werden, die in bestimmten eiten das Licht verdecken, und es dadurch verschwinden lassen. ie verschiedenen Perioden, die man dabei wählen kann, gestten schon eine grofse Anzahl von Abwechselungen, diese weren aber noch dadurch verdoppelt, dafs man das Licht eben sowol ei katoptrischen, wie bei dioptrischen Apparaten allmählig schwähen und wieder verstärken kann, und zwar läfst sich dabei noch sofern eine neue Verschiedenheit einführen, dafs das Licht entweler vollständig verschwindet, oder ein mäfsiger Schein desselben rährend der Verfinsterung übrig bleibt.

Diese Abwechselungen sind ohne Zweifel die sichersten Unterscheidungszeichen, die man heutiges Tages darstellen kann. Der Schiffer, der mit den Nachweisungen derselben versehn ist, wird elbst bei sehr ungünstiger Witterung, sobald er eines sieht, nicht sicht zweifelhaft sein, welches es ist. Man hört oft von unsern Schiffern die Aeufserung, dafs wenn sie durch widrige Winde in der Nordsee lange aufgehalten sind, sie der Englischen Küste während ler Nacht sich zu nähern wünschen, weil sie alsdann sich sogleich am sichersten orientiren. Bei heftigen Stürmen und Schnee oder Regen tritt freilich zuweilen der Fall ein, dafs man nur während weniger Secunden eine freie Aussicht auf eine kleine Küstenstrecke gewinnt, und wenn man alsdann ein Feuer wahrnimmt, so bleibt es ungewifs, ob es ein festes oder ein veränderliches war. Durch angestrengte Aufmerksamkeit und vorsichtige Wahl des Curses gelingt es aber auch in diesem Falle wohl jedesmal, ehe eine wirkliche Gefahr eintritt, das Feuer sicher zu erkennen.

Die Landmarken und Leuchtthürme, von denen bisher die Rede

war, haben nur den Zweck, die Küste im Allgemeinen zu bezeichnen. Der Schiffer wird an ihnen erkennen, ob er sich in der Nähe des Hafens befindet, in den er einlaufen will, sie genügen aber keineswegs, um ihn zwischen den Sandbänken oder sonstigen Untiefen, die gemeinhin vor dem Hafen liegen, sicher in denselben hinein zu leiten. Wo solche Untiefen vorkommen, müssen dieselben besonders bezeichnet, oder das tiefe Fahrwasser in andrer Weise markirt werden, und zwar eben sowol bei Tage, wie bei Nacht, wenn nicht etwa das Letztere zu schwierig ist, und deshalb das Einlaufen während der Nacht überhaupt verboten werden mufs.

Von den Hafenfeuern ist bereits bemerkt worden, dafs man ihnen zur Unterscheidung von den Küstenfeuern rothes Licht zu geben pflegt. In den Französischen Häfen ist dieses allgemein üblich, in Swinemünde ist es gleichfalls seit einigen Jahren eingeführt. Diese Feuer befinden sich nur auf kleineren Leuchtthürmen, weil sie nicht weit sichtbar zu sein brauchen, und letztere stehn am passendsten unmittelbar auf dem Kopfe des am weitesten vortretenden Hafendammes, so dafs das Schiff, welches während der Nacht einläuft, dicht neben ihnen die Mündung des Hafens sicher treffen kann.

Um das Fahrwasser zwischen den Untiefen vor der Mündung zu bezeichnen, dienen gemeinhin die sogenannten Richtbaaken. Dieses sind hohe hölzerne Rüstungen, die noch durch daran befestigte Rahmen von verschiedener Form bezeichnet werden, damit man die vordere von der hinteren sicher unterscheiden kann. Sie werden so gestellt, dafs die durch sie gezogene gerade Linie in die Mittellinie des Fahrwassers fällt. Der ankommende Schiffer trifft also das letztere, wenn er das Schiff in diese Linie bringt und es dauernd darin erhält. Zuweilen stellt man vor die beiden Richtbaaken noch eine dritte sogenannte Winkbaake, deren Ruthe mit der an der Spitze derselben befestigten grofsen Flagge sich nach der rechten und linken Seite neigen läfst. Diese wird namentlich gebraucht, wenn das Fahrwasser nicht ganz gerade ist, wenn also das einlaufende Schiff an einzelnen Stellen nach der rechten oder linken Seite sich von der Baakenlinie etwas entfernen mufs. Die Benutzung solcher Winkbaaken wird indessen sehr bedenklich, sobald das enge und gekrümmte Fahrwasser von der Küste weit entfernt ist, weil man alsdann von dem meist niedrigen Ufer aus nicht

icher beurtheilen kann, an welcher Stelle das einlaufende Schiff sich grade befindet, und man daher nicht weifs, ob es schon Zeit ist, as Zeichen zum Ablenken aus dem Curse zu geben.

Wenn man die Richtbaaken mit Laternen versieht, so bezeichnen sie auch in der Dunkelheit das Fahrwasser, und sobald s möglich ist, den Thurm, worauf das Hafenfeuer brennt, als vordere Richtbaake zu benutzen, so braucht man nur auf die hintere ine Laterne zu hängen. Haben die Untiefen, und folglich auch die azwischen liegenden engen Fahrwasser solche Ausdehnung, dafs ire Bezeichnung vom Ufer aus unmöglich wird, so müssen feste der schwimmende Baaken auf oder zwischen diesen Untiefen angebracht werden, und will man dieselben auch in der Dunkelheit ichtbar machen, so bleibt nur übrig, sie entweder in Leuchtschiffe oder in kleine frei stehende Leuchtthürme zu verwandeln. n beiden Fällen müssen die Wärter sich stets darauf befinden. Diese kleinen Leuchtthürme, die in neuester Zeit mehrfach an der Englischen und Französischen Küste ausgeführt sind, und nur auf ingeschrobenen eisernen Stangen ruhen, so dafs sie die Wellenbewegung unter sich gar nicht behindern, verdienen wohl unbedingt len Vorzug vor den Leuchtschiffen, weil letztere bei schweren Stürmen zuweilen ins Treiben kommen, auch im Winter wegen zu groser Unsicherheit in den Hafen gebracht werden müssen. Gerade n der Zeit, wo das einlaufende Schiff ihrer am meisten bedarf, sind sie also nicht am Platze, oder sie liegen vielleicht gar an einer falschen Stelle, so dafs sie selbst Veranlassung geben können, lafs das Schiff auf Untiefen aufläuft. Nichts desto weniger darf man jene Leuchtthürme nur anwenden, wo keine gröfseren Eisschollen vorbeitreiben. An der Ostsee haben sie daher nicht Eingang inden können.

Endlich wäre noch zu erwähnen, dafs auch durch ein einzelnes Feuer, und zwar vom Ufer aus ein entferntes Fahrwasser noch sicher bezeichnet werden kann, vorausgesetzt, dafs Letzteres nicht gar zu enge, aber ganz gerade ist. Namentlich geschieht dieses in dem Falle, wenn zu beiden Seiten desselben Klippen liegen, von denen das Schiff abgehalten werden mufs. Man erbaut nämlich vor dem kleinen Leuchtthurme zwei Mauern, oder andere Wände, die das Licht verdecken, und dieses nur in dem engen freien Zwischenraume zwischen sich hindurch lassen. Das ankommende

Schiff segelt aufserhalb des gefährlichen Fahrwassers in die Li
desselben soweit ein, bis das Licht erscheint, und nunmehr wi
die Richtung nach dem letzteren inne gehalten. Sollte das Lich
wieder verschwinden, so ist dieses ein Zeichen, dafs man das Fahr-
wasser verlassen hat, und es mufs alsdann sogleich wieder einge
lenkt und in dem beleuchteten Raume die Fahrt fortgesetzt werden
Diese Bezeichnungsart ist indessen nur in sehr wenigen Fällen an
gewendet worden.

Um ein enges Fahrwasser in seiner ganzen Ausdehnung u
mit allen Krümmungen, die es vielleicht hat, scharf zu markire
pflegt man ganz allgemein sich noch der Tonnen zu bedienen, d
wegen ihrer Form auch wohl Bollen genannt werden. Es si
grofse kegelförmige Körper, aus hölzernen Stäben wie Fässer z
sammengesetzt und mit dicht schliefsendem Boden versehn, dan
sie nicht nur schwimmen, sondern auch weit über das Wasser vo
ragen. In neuerer Zeit werden sie vielfach aus Eisenblech ang
fertigt. An der Spitze, die sich schon von selbst nach unten keh
befindet sich eine Kette, die an einem schweren Steine befestigt i
Letzterer liegt auf dem Grunde, und die Tonne kann sich dah
nur soweit von der Stelle, wo der Stein versenkt ist, entfernen,
die Länge der Kette dieses gestattet. Bei stark wechselndem W
serstande, also bei bedeutendem Fluthwechsel, wird die Tonne,
zur Zeit des höchsten Wassers noch sichtbar bleiben mufs, bei kl
nem Wasser leicht weit seitwärts treiben, also nicht sicher den Ra
des Fahrwassers bezeichnen. Es geschieht auch wohl, dafs alsda
die Stelle, auf der sie liegt, beinahe trocken wird, und in diese
Falle ist sie grofsen Beschädigungen ausgesetzt, weil sie zeitwe
von den Wellen wiederholentlich auf den Grund gestofsen wi
Hiernach ist der Gebrauch der Tonnen an solchen Fahrwasse
wo Fluth und Ebbe einen starken Wechsel des Wasserstandes v
anlassen, viel beschränkter, als an den Ostsee-Häfen. Aufserd
sind die Tonnen bei heftigem Seegange nicht sichtbar, und zw
besonders wenn die Wellen an den Untiefen, die man bezeichn
will, stark branden. Sie sind alsdann grofsentheils vom Was
und vom Schaume überdeckt, so dafs man nur ausnahmsweise
nur augenblicklich einzelne daraus hervortreten sieht. Gerade
dieser Zeit, wo der Schiffer ihrer Leitung am meisten bedarf,
sagen sie also den Dienst, besonders wenn sie nur kleine Dim

...sen haben. Dafs sie auch in dunkeln Nächten und bei dichtem ...bel nicht wahrgenommen werden können, bedarf kaum der Er-...nung.

Damit der Schiffer über die Lage des Fahrwassers nicht in ...weifel bleibt, sobald er eine Tonne sieht, ist es allgemein üblich, ...e rechtseitigen anders zu färben, als die linkseitigen, und zwar ...d die einen weifs und die andern schwarz angestrichen. Auf ...elcher Seite diese und jene liegen, ist zwar nicht von einer all-...mein gültigen Regel abhängig, nichts desto weniger findet man ...st jedesmal die weifsen Tonnen auf derjenigen Seite, auf der die ...afenstadt liegt. Der Schiffer mufs indessen aus Erfahrung, oder ...s der Beschreibung des Hafens, den er ansegelt, wissen, wie die ...rschiedenen Bezeichnungen der Marken gewählt sind. Um ihn ...rauf aufmerksam zu machen, dafs er in das engere Fahrwasser ...aläuft, wird aufserhalb desselben und zwar in der durch die Baa-...n bezeichneten Linie noch eine besonders grofse Tonne, die Au-...entonne, verlegt, deren Quadranten oder Sextanten abwechselnd ...hwarz und weifs angestrichen sind. Beim Ansegeln des Hafens ...rfolgt also der Schiffer die Baakenlinie, die er bei klarer Luft ...hon aus weiter Ferne sicher erkennen kann. Er trifft alsdann auf ...inem Wege die Aufsentonne, die ihm anzeigt, dafs er sich nun-...ehr vor dem engern Fahrwasser befindet, und alsdann mufs er so ...euern, dafs die weifsen Tonnen auf der einen, und die schwar-...n auf der andern Seite bleiben.

Die Seetonnen haben häufig noch einen andern, ganz verschie-...nen Zweck, man legt sie nämlich auch auf einzelne Untiefen au-...rhalb der bezeichneten Fahrwasser, und zwar oft noch weit in ...e See hinein, namentlich auf hohe Sandbänke und vorzugsweise ...f die am weitesten vortretenden Ecken derselben, ferner auf iso-...te Klippen und auf die Wracke gestrandeter Schiffe, wenn diese ...cht so tief vom Wasser bedeckt sind, dafs sie sicher überfahren ...rden können. In diesen Fällen werden die Tonnen, wenn sie ... der Nähe der engeren Fahrwasser sich befinden, noch in andrer ...eise bezeichnet, damit sie mit jenen nicht verwechselt werden ...nnen. Sie werden alsdann in andrer Farbe, also etwa roth an-...strichen, und mit Fähnchen, Strauchbesen oder dergleichen ver-...n. Auch geschieht es, dafs man kräftige Glocken darauf an-...ngt, die schon bei mäfsiger Wellenbewegung oder auch durch die

Strömung in Schwingung versetzt werden und alsdann von selbst läuten. Namentlich werden hierdurch isolirte Klippen bezeichnet, vor denen die vorbeifahrenden Schiffe gewarnt werden sollen. Bei ruhiger See und wo keine starke Strömung statt findet, hört indessen dieses Läuten auf, und im dichten Nebel, der meist bei sehr schwachem Winde eintritt, werden die Schiffe gleichfalls nicht gewarnt und bleiben der Gefahr des Strandens ausgesetzt. Auf der Klippe Bellrock, vor der Mündung des Tay, fünf Deutsche Meilen von der östlichen Küste von Schottland entfernt, befand sich in früherer Zeit eine solche Glocke. Gegenwärtig steht darauf ein Leuchtthurm, auf welchem aber auch, wie auf vielen andern, die ähnlich situirt sind, während starker Nebel in kurzen Zwischenzeiten geläutet wird.

Endlich wären noch diejenigen Signale zu erwähnen, welche dem ankommenden Schiffer die Tiefe des Fahrwassers und die Richtung des Stromes in demselben angeben. Die ersteren sind bei uns nur in solchen Häfen eingeführt, wo die Tiefe sehr mäfsig ist, und es also darauf ankommt, sie genau zu kennen. Man bedient sich hierzu grofser Ballons, die an zwei horizontalen Armen einer Baake angehängt werden. In dem Regierungsbezirke Stralsund sieht man sehr vielfach diese Einrichtung. Je nachdem die Kugeln am rechtseitigen oder linkseitigen Arme hängen, zeigen sie an, dafs das Wasser über oder unter dem mittleren Stande sich befindet. Ihre Anzahl und die Art ihrer Befestigung, je nachdem sie nämlich neben oder unter einander hängen, bezeichnet diesen Unterschied in Fufsen und Viertel-Fufsen. In andern Häfen, wie früher in Pillau geschah, wurde die Tiefe des Seegattes oder des Fahrwassers zwischen den Sandablagerungen in ähnlicher Weise, jedoch in absolutem Maafse (also ohne Bezugnahme auf den mittleren Wasserstand) signalisirt.

Auch in solchen Häfen, wo ein starker Fluthwechsel statt findet, sind ähnliche Bezeichnungen vielfach eingeführt. Der Schiffer wird freilich durch die Seecharten und die Fluthtabellen (§ 6) vollständig in den Stand gesetzt, die Wassertiefen, die er in den Fahrwassern vor den Häfen in der Zeit des Ansegelns vorfindet, sehr sicher selbst zu berechnen. Die Englischen, wie die Französischen Seecharten geben nämlich für jeden Hafen die Sohlen der Fahrwasser, und die Gründe und Felsen daneben unter und über den

Niedrigwasser bei Springfluthen genau an, sowie auch den Fluthwechsel bei Springfluthen. Aus den Fluthtabellen kann man aber mit Sicherheit entnehmen, wie hoch das Wasser in jeder Stunde jedes Tages und in jedem einzelnen Hafen über diesem Horizonte steht. Nichts desto weniger werden dennoch meist die Wasserstände mehr oder weniger genau signalisirt. Besonders in solchen Häfen, deren Mündungen zur Zeit des Niedrigwassers gar nicht durchfahren werden können, pflegt man durch Aufbringen eines Signals oder bei Nacht durch Anzünden des Hafenfeuers den Eintritt der halben Fluth zu bezeichnen, während beim Eintritt der halben Ebbe das Feuer und das Signal wieder beseitigt werden.

Wo ein merklicher Fluthwechsel statt findet, ergiebt sich die Richtung des Stromes schon, wenn man nur weifs, ob Fluth oder Ebbe statt findet, die Zeit des Hoch- und Niedrigwassers kennt man aber aus den Fluthtabellen. Besondere Signale sind also in solchen Fällen entbehrlich. An der Ostsee verhält es sich anders, die Wasserstände und sonach auch die Strömungen sind vorzugsweise von den Winden, also von zufälligen Umständen abhängig und ändern sich oft sehr schnell. In manchen Häfen, wie zum Beispiel in Pillau, ist es üblich, durch eine Flagge auf dem Leuchtthurme die Richtung des Stromes zu signalisiren. Auf der einen Seite der Gallerie ausgesteckt, bedeutet sie eingehenden, auf der andern ausgehenden Strom, und wenn sie eingezogen ist, so zeigt dieses an, dafs gar keine Strömung statt findet.

Es ergiebt sich aus den vorstehenden Mittheilungen, dafs es gewifs nicht leicht ist, diese verschiedenen Signale, welche in den verschiedenen Häfen keineswegs übereinstimmen, immer richtig zu deuten und falsche Auffassungen zu vermeiden. Sie sind indessen weniger für den fremden Schiffer bestimmt, der zum ersten Male den Hafen ansegelt, als vielmehr vorzugsweise für die Lootsen, die ihre Bedeutung genau kennen und sie sorgfältig beachten, um darnach die Schiffe sicher einzubringen, oder vielleicht, wenn die Umstände nicht günstig sind, die Schiffe vor dem Hafen bis zum geeigneten Zeitpunkte zurückzuhalten.

Was die bauliche und sonstige technische Einrichtung dieser Signale, also namentlich der verschiedenen Leucht-Apparate betrifft, so wird davon später die Rede sein, hier sollte nur mitgetheilt werden, welche Anlagen nöthig sind, um einen Hafen, nebst seiner

Mündung und dem dahin führenden Fahrwasser sicher auffinden zu können.

Ein grofser Theil dieser Seezeichen, und namentlich die schwimmenden pflegen nicht vom Hafenbaumeister, sondern von den Lootsen ausgelegt und beaufsichtigt zu werden. Besonders geschieht dieses, wenn Letztere im Staatsdienste stehen, wie in den Preufsischen Häfen, mit Ausnahme der in Vorpommern belegenen, allgemein der Fall ist. Wo das Lootsen-Wesen dagegen von einzelnen Communen, oder auch als ganz freies Gewerbe betrieben wird, pflegt man die Vorschläge und Wünsche dieser Leute in Betreff der Bezeichnung des Fahrwassers doch immer zu berücksichtigen, während es ihnen auch meist gestattet ist, noch besondere Marken aufzustellen, wonach sie bei der Führung der Schiffe sich richten können. In unsern Häfen ist es üblich, dafs die Lootsen den ansegelnden Schiffen entgegenfahren, wenn die Witterung es irgend erlaubt, und dieselben besetzen. Der Lootse übernimmt alsdann die Führung, und soweit Lootsenzwang besteht, mufs der Schiffer denselben nicht nur an Bord nehmen, sondern ihm auch die Leitung unbedingt überlassen. Die sämmtlichen oben erwähnten Seezeichen, welche sich auf das Einlaufen in den Hafen beziehn, werden alsdann vollständig benutzt und eine Verwechselung derselben, die zu Unglücksfällen führen könnte, ist kaum noch denkbar.

Zuweilen wird die Verwendung der Lootsen jedoch noch viel weiter ausgedehnt. In dem Canale zwischen England und Frankreich, so wie vor andern Englischen Küsten, kreuzen die Lootsen der verschiedenen Gesellschaften und bieten sich jedem vorbeisegelnden Schiffe an, dessen Leitung sie unter willkürlichen Forderungen nach jedem beliebigen Englischen oder fremden Hafen übernehmen. Ueber diese Einrichtung ist vielfach und selbst im Englischen Parlamente Klage geführt worden. Der ankommende Schiffer trifft bei guter Witterung zwar sehr sicher die Lootsen schon in weiter Entfernung auf offener See, im Sturme und Nebel dagegen, wenn er ihrer Hülfe am meisten bedarf, sucht er sie vergebens. Ueberträgt er aber einem derselben die Führung nach einem entfernteren, also etwa nach einem Niederländischen Hafen, so übernimmt derselbe gegen hohen Lohn zwar unbedingt dieses Geschäft, aber gewöhnlich giebt sich bald zu erkennen, dafs er solcher Aufgabe durchaus nicht gewachsen ist und die erforderliche Localkennt-

nifs ihm gänzlich mangelt. Auf Schiffen, die von unterrichteten Capitänen geführt, und mit den nöthigen nautischen Hülfsmitteln versehn sind, wie dieses auf den Deutschen Handelsschiffen allgemein der Fall ist, wird demnach niemals ein Lootse zu solchem Zwecke angenommen. Anders verhält es sich auf mehr beschränkten Revieren, wie zum Beispiel vor der Elbe und Weser, wo die Lootsen von Hamburg, Bremen, Helgoland und manchen Dänischen, Hannoverschen und Oldenburgischen Orten kreuzen, und hier hinreichend bekannt sind, um die Führung des Schiffes nach einem Hafen dieses Reviers zu übernehmen.

§. 31.

Das Seeschiff.

Obwohl der Schiffbau und die Schiffahrtskunde zur Wasserbaukunst nicht gehören, so mufs dennoch der Hafenbaumeister beide soweit kennen, dafs er das Bedürfnifs der Schiffahrt zu beurtheilen im Stande ist. Einige Bekanntschaft mit diesen Gegenständen ist zwar bei längerem Aufenthalte in einem Seehafen leicht zu erwerben, aber vielfach wiederholt sich der Fall, dafs Baumeister, die bisher nur an oberländischen Strömen oder Canälen beschäftigt waren, nach Seehäfen versetzt werden, oder gutachtliche Aeufserungen über Anlagen in solchen abzugeben haben, und alsdann pflegt der Mangel an Kenntnifs der Seeschiffahrt sehr auffällig sich zu zeigen. Es geschieht auch leicht, dafs Bauwerke für passend erachtet werden, welche den Schiffsverkehr wesentlich erschweren oder ganz unmöglich machen würden. Es dürfte daher angemessen sein, sowol über die Construction, als über die Ausrüstung und die Manöver der Seeschiffe einige Mittheilungen zu machen.

Die verschiedenen Formen, die man dem Rumpfe des Schiffes nach Maafsgabe seiner Bestimmung und seiner Gröfse, sowie auch vielleicht wegen der nothwendigen Beschränkung des Tiefganges giebt, kommen hier nicht in Betracht. Es wäre nur darauf aufmerksam zu machen, dafs für schnelle Fahrten die Schiffe sehr scharf gebaut sein müssen und dadurch ihre Stabilität leicht so sehr leidet, dafs ohne Ballast, oder ohne Ladung sie sich nicht mehr sicher in der aufrechten Stellung erhalten können.

In dieser Beziehung müssen die Ballastplätze in Handelshäfen so angeordnet werden, dafs dieselben den Ladeplätzen möglichst nahe liegen und von diesen aus in ruhigem Wasser erreicht werden können.

Man nennt diejenigen Schiffe rank, die wenig Stabilität haben, die sich also leicht seitwärts überneigen. Die entgegengesetzte Eigenschaft wird durch das Wort steif bezeichnet. Das starke Schwingen der Schiffe um ihre Längenachse nennt man das Rollen oder Schlenkern, wogegen man unter Stampfen das Schwingen um die Querachse versteht. Letzteres ist besonders nachtheilig, weil dabei die Masten und Stengen leicht lose werden, dieses tritt aber vorzugsweise auf Schiffen ein, die so kurz sind, dafs sie bei starkem Seegange nur eine einzige Welle unter sich haben.

Die Verbindungen in der Zusammensetzung eines hölzernen Schiffsrumpfes sind von den im Landbau üblichen wesentlich verschieden. Letztere brauchen nur denjenigen Pressungen zu widerstehn, die beim Zustande der Ruhe und bei der ganz unveränderten Lage des Gebäudes eintreten können. Das Schiff dagegen neigt sich beim Wellenschlage bald seitwärts und bald nach vorn oder hinten über, es wird bald an einer und bald an der andren Stelle sehr kräftig gehoben, auch fehlt es nicht an den heftigsten Erschütterungen. Jene Verbindungen, die sich nur auf das genaue Ineinandergreifen und gegenseitiges Umfassen der Holzstücke beziehn würden daher sogleich ausspringen und sich lösen. Wenn demnach im Schiffbau allerdings auch Versatzungen, Ueberblattungen und Verkämmungen vorkommen, so wird dabei doch immer auf die möglichst geringste Schwächung der Verbandstücke Rücksicht genommen, und die ganze Verbindung beruht vorzugsweise auf der Anwendung zahlloser Bolzen. Das Schiff erhält hierdurch, einiger Elasticität unerachtet, eine so innige und solide Zusammensetzung, dafs es bei zufälligem starken Anfahren gegen Brücken, Bohlwerke und andere Holz-Constructionen die Balken und Pfähle der letzteren zerbricht, oder die Wände in das Ufer hineinschiebt, ohne selbst dabei beschädigt zu werden.

Das Seeschiff ist jedesmal mit einem Kiele versehn und unterscheidet sich dadurch wesentlich von dem Flufsschiffe, das einen ebenen Boden hat. Der Kiel dient theils zur Darstellung eines festen Längenverbandes, indem er mit dem darüber befindlichen

Kolsem vielfach verbolzt wird, theils aber verhindert er auch, indem er unter den Schiffsboden vortritt, das gar zu starke Seitwärtstreiben des Schiffes, und leitet zugleich das Wasser, welches bei der Fahrt verdrängt wird, dem Steuer zu, wodurch dieses an Wirksamkeit gewinnt.

Sowol auf das vordere, als auf das hintere Ende des Kieles werden sehr starke Hölzer mittelst Knieestücken befestigt. Dieses sind die beiden Steven. Der Hintersteven trägt entweder unmittelbar, oder mittelst des daran angebolzten Butensteven das Ruder oder das Steuer. Er spaltet sich auch in seinem obern Theile, indem er den Spiegel einfafst, worin sich meist die Cajüte des Capitäns befindet.

Die Wände des Schiffes kann man ihrer Construction nach mit gewöhnlichen Fachwerkswänden vergleichen. Sie bestehn gleichsam aus Stielen, die auf beiden Seiten mit Bohlen verkleidet sind. Diese Stiele sind indessen eigenthümlich geformt und zusammengesetzt. In der Seemannssprache heifsen sie Spanten, auch werden sie zuweilen Rippen genannt, weil sie in ihrer Verbindung mit dem Kiele, den Rippen desmenschlichen Skelettes ähnlich sind. Sie stellen die Querschnitte des Schiffes dar und bedingen daher die Form desselben. Letztere wird, wie das Project sie für jede Stelle bestimmt, auf den Reifsboden aufgezeichnet, und es kommt alsdann darauf an, das ganze Gebinde hiermit übereinstimmend möglichst solide aus einzelnen Holzstücken zusammenzusetzen. Ein künstliches Biegen dieser starken Hölzer kommt gewöhnlich nicht vor, noch weniger ist es aber zulässig, die nöthige Form durch starkes Ausschneiden darzustellen, weil die Holzfasern nicht durchschnitten werden dürfen. Das Spant, welches eine Curve bilden soll, deren beide Schenkel sich symmetrisch von dem Kiel bis zum Deck erheben, läfst sich daher nur aus kürzeren, krumm gewachsenen Stücken, die man mit der allgemeinen Benennung Inhölzer bezeichnet, zusammensetzen. Eine Verbindung derselben unter sich durch Verzapfung oder Ueberblattung würde indessen nicht entfernt die nöthige Festigkeit bieten. Es bleibt daher nur übrig, sie mittelst seitwärts angebrachter Laschen mit einander durch Bolzen in innigen Zusammenhang zu bringen. Zu diesem Zwecke müssen aber die Laschen möglichst weit übergreifen, sie reichen also bis an die nächstfolgenden heran, und so geschieht es, dafs das ganze Spant,

vielleicht mit Ausnahme des mittleren Theiles, der auf dem Kiele ruht, aus doppelten Inhölzern zusammengesetzt wird. Erhält das Schiff einen flachen Boden, oder ist es sehr stumpf gebaut, wobei die Curven der beiden Schenkel neben dem Kiele in die horizontale Richtung übergehn, so besteht der mittlere Theil des Spantes aus einem geraden oder doch nur wenig gekrümmten Holzstücke, welches der Lieger genannt wird. Vorn und hinten, wo der Rumpf schärfer gehalten werden mufs, so wie auch bei allen Spanten eines scharf gebauten Schiffes, in welchen die Seitenflächen am Kiele unter einem stumpfen und zuweilen sogar unter rechtem Winkel zusammenstofsen, mufs dagegen ein Kniestück, das den verlangten Winkel bildet, oder auch wohl ein sogenanntes Piekstück gewählt werden. Letzteres ist derjenige Theil eines Stammes, der sich möglichst gleichmäfsig in zwei Aeste spaltet. Die letzteren bilden die Anfänge der beiden Schenkel des Spantes. Die Stücke, die sich an sie, oder auch an jenen Lieger ansetzen, sind die sogenannten Auflanger, deren gewöhnlich mehrere übereinander gestellt werden müssen, um die beabsichtigten Curven in der natürlichen Krümmung der Holzstücke darzustellen.

Zuweilen stehn die Spanten nicht senkrecht auf dem Kiele, insofern letzterer in dem schwimmenden Schiffe keine horizontale Lage annimmt, vielmehr nach vorn ansteigt, wodurch der Widerstand im Wasser vermindert wird, theils aber pflegt man auch die Spanten nächst dem Vorsteven stark nach vorn überzuneigen, damit sie im obern Theile des Rumpfes nicht zu weite Zwischenräume zwischen sich frei lassen, auch vermindert sich gemeinhin bei dieser Stellung ihre Krümmung und sie können daher aus geraderen Holzstücken zusammengesetzt werden. Der Abstand je zweier Spannten mifst bei kleineren Schiffen 2 bis 3 Fufs, bei gröfseren ist er geringer, und bei den Schiffen der Kriegs-Marine pflegen die Spanten sich beinahe zu berühren. Das Holz, welches man dazu verwendet, ist bei uns ohne Ausnahme Eichenholz, doch werden in Amerika und in England auch vielfach Schiffe aus den sehr festen Hölzern der südlichen vereinigten Staaten, wie aus Mahagony oder aus Teakholz gebaut. Auch die Planken und alle sonstigen wesentlichen Theile des Rumpfes bestehn in den Ostseeschiffen aus Eichenholz, nur pflegt man den Kiel aus Buchenstämmen zusammenzusetzen, weil solche bei heftigen Stöfsen weniger leicht brechen, als Eichen-

Wenn die Spanten geformt und in sich verbunden sind, so [illegible]t man sie auf den Kiel auf, in den sie einige Zolle tief einge-[illegible]en und sogleich verbolzt werden, indem man sie an die bereits [illegible]gestellten Spanten durch übergenagelte Latten, so wie auch [illegible]rch seitwärts angebrachte Streben befestigt. Der Kolsem, oder [illegible]jenige starke Holzstück, welches in der ganzen Länge des Schif-[illegible]s die Mittelstücke der Spanten und den Kiel überdeckt, wird durch [illegible]e Spanten hindurch mit dem Kiele verbolzt. Eine andere Län-[illegible]sverbindung erhält das Schiff durch die Rahmstücke, welche [illegible]e Deckbalken tragen, und gleichfalls an die Spanten gebolzt [illegible]erden.

Die Querverbindung wird dagegen durch die Deckbalken dar-[illegible]stellt, die aufserdem mittelst hölzerner oder eiserner Kniee an [illegible]e Spanten befestigt werden. Bei kleineren Schiffen, die kein [illegible]wischendeck haben, kommt nur eine Lage Deckbalken vor, sonst [illegible]ebt es deren zwei auch wohl drei.

Die Spanten werden von aufsen mit Planken verkleidet, und [illegible]ese bilden den wasserdichten Abschlufs des Schiffsraumes. Sie [illegible]üssen sich flach auf die Spanten auflegen und deshalb die Krüm-[illegible]mungen derselben annehmen. Damit sie dabei nicht brechen oder [illegible]ifsen, so werden sie vor dem Aufbringen und nachdem sie bereits [illegible]llständig zugeschnitten sind, entweder gekocht oder in Wasser-[illegible]ampf erhitzt. Letzteres ist vorzuziehn, weil sie dabei weniger lei-[illegible]en. In einen grofsen hölzernen Behälter, der ziemlich dicht ge-[illegible]chlossen ist, und der die Stoove heifst, werden sie eingeschoben, [illegible]ährend der Dampf aus einem Kessel, worin Wasser stark kocht, [illegible]wischen sie hineintritt. Nachdem sie einige Zeit darin gelegen [illegible]aben, nimmt man sie heraus und bringt sie sogleich auf, indem [illegible]an sie mittelst Zwingen an beiden Enden befestigt und stark an-[illegible]eibt. Nach dem Erkalten behalten sie die Krümmung, die man [illegible]nen gegeben hatte. Sie werden nur stumpf an einander gelegt, [illegible]ch sorgt man dafür, dafs eine schwache Fuge nach aufsen geöff-[illegible]t bleibt, indem sie sich nur an der innern Seite unmittelbar be-[illegible]hren. Sie greifen in die beiden Steven, so wie auch in den Kiel [illegible]n wenig ein, und werden wieder an alle Inhölzer, die sie treffen, [illegible]ttelst Bolzen und hölzernen Nägeln befestigt.

Diese Planken-Bekleidung, die selten mehr als 3 Zoll stark ist, [illegible]igt wesentlich zur innigen Verbindung der Spanten und des gan-

zen Schiffes bei. In derjenigen Höhe, wo die Spanten die gröfste Breite haben, wo also ein Anstofsen an andre Schiffe oder an Ufereinfassungen am leichtesten erfolgen kann, wählt man Planken, die 2 bis 3 Zoll stärker sind, als die andern. Diese heifsen die Berghölzer. Sie treten nach aufsen vor die übrigen vor. Gemeinhin liegen nur 2 Berghölzer über einander, doch werden deren zuweilen auch 4 bis 5 angewendet.

Die Fugen zwischen je zwei Planken, gemeinhin Nathen genannt, werden durch Kalfatern gedichtet und dieses geschieht auch, wenn zufällig eine Planke gerissen sein sollte. Diese Nathen müssen nach aufsen etwas geöffnet sein. Man legt darüber Zöpfe von Werg, oder von aufgezupften Tauen, und treibt diese mit dem Kalfateisen unter starken Hammerschlägen fest ein. Das Kalfateisen ist ein sehr breites und stumpfes Stemmeisen, das also jenen Zopf nicht durchschneidet, sondern ihn in die Fuge drängt. Letztere darf indessen nicht vollständig gefüllt werden, sie mufs vielmehr noch etwa einen halben Zoll tief offen bleiben und diesen Raum füllt man mit stark erwärmtem und daher noch dünn flüssigem Pech an. Letzteres geschieht so vollständig, dafs das Pech über die Schiffswand vorragt, auch bei dem unvermeidlichen Ueberfliefsen dieselbe vielfach bedeckt. Mit dem Kratzeisen, welches aus einer dreieckigen, ringsumher zugeschärften Stahlscheibe besteht, in deren Mitte ein Stift sich befindet, woran der hölzerne Stiel befestigt wird, wird später die ebene Fläche durch anhaltendes Schaben wieder dargestellt. In dieser Art läfst sich, nachdem der Anstrich mit Oelfarbe oder auch wohl nur mit Theer erfolgt ist, keine Fuge mehr erkennen.

Die Bolzen, von denen vielfach die Rede gewesen ist, bestehn aus cylindrisch gewalzten Eisenstangen, die meist auf der Baustelle selbst in die erforderlichen Längen zerschnitten werden. Gleichzeitig pflegt man sie an demjenigen Ende, mit dem sie in das Holz eindringen sollen, durch einige starke Hammerschläge etwas zu verjüngen, damit sie um so leichter das vorgebohrte Loch fassen. Das Loch mufs jedesmal einen etwas geringeren Durchmesser, als der Bolzen haben, weil letzterer sonst nicht gehörig darin haften würde, doch darf der Unterschied auch nicht zu grofs sein, weil alsdann die Holzstücke spalten könnten. Wo es darauf ankommt, besonders sichere Verbindungen darzustellen, wie etwa an den Enden der

hölzer, versieht man die Bolzen auch mit Köpfen an den äu-
n, und mit Oeffnungen an den innern Enden, durch letztere wird
kann über einer Unterlagsscheibe jedesmal ein Splint hindurch
rieben. Die übrigen Bolzen erhalten jedoch keine Köpfe und
gewähren auch ohne solche den Hölzern hinreichende Haltung,
unter den kräftigen Schlägen, wodurch sie eingetrieben wer-
ı, das Eisen sich etwas umlegt und dadurch ein schwacher
pf gebildet wird.

Auf die innere Seite der Spanten wird gleichfalls ein Bohlen-
lag aufgebracht, der die Wegerung heifst. Derselbe verhindert
eils, dafs die losen Güter, wie etwa Salz oder Getreide, zwi-
hen die Spanten fallen, vorzugsweise dient er aber dazu, den
wischenraum zwischen der äufsern und innern Verkleidung immer
rei zu erhalten, damit sich hier das Leckwasser sammeln kann,
das mittelst einer Pumpe, die bis auf den Kiel herabreicht, so oft
es nöthig ist, entfernt wird. Damit diese alles Sammelwasser auf-
nimmt, mufs durch gewisse Oeffnungen in den Spanten dafür ge-
sorgt werden, dafs dasselbe aus der ganzen Länge des Schiffes hier
ungehindert zufliefsen kann. Man pflegt indessen die Wegerung
nicht vollständig zu befestigen, vielmehr einen grofsen Theil der
Planken nur lose einzulegen, die so oft es irgend geschehn kann,
ausgehoben werden, damit die Luft freien Zutritt zu den Inhölzern
findet und das Stocken derselben verhindert.

Ueber das Deck, das gewöhnlich aus Kiefern-Planken besteht,
und gleichfalls gedichtet werden mufs, um das aufschlagende Was-
ser nicht eindringen zu lassen, so wie auch über den sonstigen Aus-
bau des Schiffs-Rumpfes wäre nichts zu erinnern, und es bleibt nur
zu erwähnen, dafs an verschiedenen Stellen und namentlich an bei-
den Seiten des Vorder- und des Hintertheiles mehrere mit den Span-
ten fest verbundene Holzstücke über das Deck treten, die vorzugs-
weise zur Befestigung des Schiffes an die Schiffshalter im Hafen
oder an andre Fahrzeuge dienen. Man nennt sie Poller. Zuwei-
len bestehn sie aus gufseisernen Cylindern, die auf dem Schan-
deck, oder dem starken Holze befestigt sind, das einem Rahm-
stücke einer gewöhnlichen Fachwand ähnlich, die Köpfe der Inhöl-
zer und zugleich die Planken überdeckt.

Auf die Construction der eisernen Schiffe braucht hier nicht
eingegangen zu werden, da dieselbe sich an den Holzbau anschliefst.

und es nur darauf ankam, die Zusammensetzung im Allgemeinen zu bezeichnen. Eben so wenig braucht von den Dampfböten die Rede zu sein, die bei ungünstigen Winden viel leichter einen Hafen anlaufen, oder daraus ausgehn können, als die Segelschiffe, und aufserdem noch den grofsen Vortheil bieten, dafs sie in voller Fahrt sehr schnell angehalten werden können, indem man die Ruderräder oder die Schraube zurückschlagen läfst. Bei der Anordnung eines Hafens nebst seiner Mündung ist daher das Bedürfnifs der Segel-Schiffahrt maafsgebend, und wenn diesem genügt wird, so finden daselbst auch die Dampfböte kein Hindernifs.

Damit das Schiff den Wind in grofsen Flächen auffängt und von demselben den kräftigen Druck erfährt, der zu seiner schnellen Bewegung erforderlich ist, so mufs es mit hinreichend hohen und weit von einander entfernten Stützpunkten versehn werden, woran die Segel zu befestigen sind. Zu diesem Zwecke erhält das Schiff einen oder mehrere Maste, und aufserdem bildet man durch einen schrägen Baum, der über den Vordersteven hinaustritt, noch vor dem Schiffskörper gewisse Stützpunkte für die Segel.

Der Mast, bestehend aus einem geraden und gesunden Kiefernstamme, steht mit seinem Fufse in einem kistenartigen Aufbau über dem Kolsem. Man nennt denselben die Spur, und er überträgt den Seitendruck auf die nächsten Spanten. Hätte man die Spur nur durch Ausarbeiten einer angemessenen Vertiefung in dem Kolsem selbst dargestellt, so würde letzterer, der ein sehr wichtiges Verbandstück bildet, theils an sich geschwächt, theils aber auch der Gefahr ausgesetzt sein, dafs bei starkem Seitendrucke die Wangen abspalten. Das obere Ende des Mastes wird vorzugsweise an jeder Seite durch mehrere starke Taue, die sogenannten Wanten, gehalten, wozwischen schwächere Taue eingebunden sind, die als Sprossen einer Leiter beim Ersteigen des Mastes benutzt werden. Diese Wanten sind mittelst gewisser Verbindungsstücke, die man Rusten oder Puttings nennt, an der äufsern Seite der Berghölzer befestigt, sie befinden sich aber etwas hinter dem Maste, so dafs sie den letzteren nicht allein in der Querrichtung des Schiffes halten, sondern zugleich sein Ueberneigen nach vorn verhindern. Der Mast bedarf sonach nur noch eines kräftigen Zuges nach vorn, um in allen Richtungen unterstützt zu sein, und diesen erhält er durch ein starkes Tau, welches das Stag genannt wird. Letzteres ist entweder am

opfe des Vordersteven, oder wenn das Schiff noch einen dritten ast trägt, auch am Fuſse des mittleren Mastes befestigt.

Die Aufstellung und hinreichend sichere Befestigung der Masten würde indessen bei groſsen Schiffen übermäſsig erschwert werden, wenn dieselben jedesmal aus einem einzigen Stamme beständen. Man setzt sie daher aus zwei, und den vollen Mast sogar us drei Stücken zusammen. Ohnfern des obern Endes des untern tückes, von dem bisher allein die Rede war, und welches im Gegensatze zu den obern Stücken wieder der Mast heiſst, bringt man ine sehr solide Verzimmerung an, welche einen Rahmen bildet und ie Mars genannt wird. Sie dehnt sich nach beiden Seiten des chiffes bedeutend aus, wo sie durch die verlängerten Wanten gealten wird. Sie hat aber unmittelbar vor dem Maste eine angeaſsne Oeffnung, in welche der Fuſs der Fortsetzung des Mastes ineinpaſst. Auf den Kopf des Mastes wird dagegen ein starkes Iolzstück gesetzt, das Eselshaupt genannt, das an der vordern eite gleichfalls mit einer Oeffnung versehn ist. In diese beide)effnungen stellt man die Fortsetzung des Mastes oder die Stenge in, und windet sie auf, worauf sie mittelst eines Durchsteckriegels ber der Mars befestigt wird. Die Sicherung derselben erfolgt nun enau in gleicher Weise, wie die des Mastes. Die Wanten gehen ber von der Mars aus, während das Stag entweder nach der Iars des davor stehenden Mastes oder nach dem bereits erwähnten aume, der schräge über den Vordersteven hinausreicht, gezogen st. Der dritte oder der oberste Theil des Mastes, der die Bramtenge heiſst, wird in ganz gleicher Weise an die Stenge, wie iese an den Mast befestigt.

Diese Zusammensetzung, die sich leicht lösen läſst, gewährt den ehr bedeutenden Vortheil, daſs man bei starkem Seegange und hefgem Sturme das Schiff wesentlich erleichtern kann, wenn man die ramstengen herabläſst, und sonach diejenigen Massen, welche vom chwerpunkte am weitesten entfernt waren, demselben etwas näart. Besonders wenn das Schiff in hohem Seegange ankert, ist iese Vorsicht von der gröſsten Bedeutung.

Noch müssen einige andre Benennungen erwähnt werden. Der ittlere Mast, der jedesmal der höchste ist, und dem Schwerpunkte es Schiffes am nächsten steht, heiſst der groſse Mast und seine erlängerungen die groſse Stenge und die groſse Bramstenge.

Der davor stehende Mast ist der **Fock-Mast**, mit der **Vorstenge** und der **Vor-Bramstenge**. Diese Benennungen werden auch gebraucht, wenn das Schiff nur zwei Masten führt, kommt dagegen noch ein dritter hinzu, welcher jedesmal der hintere ist, so nennt man diesen den **Besahn-Mast**, und seine Fortsetzungen die **Kreuzstenge** und die **Kreuz-Bramstenge**.

Den Masten sehr ähnlich ist der Baum zusammengesetzt, der mit einer Neigung von etwa 30 Graden gegen den Horizont über den Vordersteven hinaustritt. Der erste Theil desselben, der mit dem Schiffskörper unmittelbar verbunden ist, heifst das **Bugspriet**, das durch starke Taue sowol seitwärts gegen die Berghölzer, als auch abwärts gegen den Vordersteven befestigt ist, und aufserdem durch das Stag der vorderen Stengen gehalten wird. Unter dem Bugspriet an dem Vordersteven ist noch das **Galion** angebracht. Dieses ist ein mit Netzen versehener Rahmen, der zum Niederlegen von Segeln benutzt und häufig noch mit Sculpturen geziert wird. In gleicher Weise, wie der Mast sich durch die Stenge verlängert, so geschieht dieses auch bei dem Bugspriet durch den **Klüverbaum**, der also den vordersten Stützpunkt für die Segel bildet.

Dasjenige Fahrzeug, welches drei volle Masten führt, nennt der Seemann ein **Schiff**, fehlt dem dritten Maste dagegen die Bramstenge, so ist es eine **Bark**. Zwei volle Masten charakterisiren die **Brigg**. Die sonstigen Benennungen, die sich theils auf die verschiedenen Segel beziehn, theils aber auch in den Ostsee- und Nordsee-Häfen vielfach von einander abweichen, dürfen hier umgangen werden.

Mögen die **Segel** dreiseitig oder vierseitig sein, so ist jedes an der oberen, oder an der vorderen Seite, zuweilen auch an beiden gegen Bäume oder gegen starke und steif gespannte Taue befestigt, während ihre unteren oder hinteren Ecken durch Taue angezogen, und in diejenige Stellung gebracht werden, welche der Bewegung des Schiffes und der Richtung des Windes entspricht. Es sollen hier nur die verschiedenen Arten der Segel im Allgemeinen bezeichnet werden.

Das **Raasegel** bildet gemeinhin ein Parallelogramm, zuweilen ist aber auch die untere Seite breiter, als die obere. Es ist an den horizontalen Segelstangen oder an **Raaen** befestigt. Letztere bestehn aus starken, an beiden Enden gleichmäfsig verjüngten Bäu-

ben, die in ihrer Mitte von den Masten und Stengen getragen werden. Unter jedem Mars befindet sich eine Raa, eine oder zwei derselben sind aber aufserdem an den Bramstengen angebracht. Die an denselben befestigten Segel werden, wenn sie benutzt werden sollen, herabgelassen und mit den beiden untern Ecken gegen die darunter befindlichen Raaen steif angeholt. Die Taue des untersten Segels werden dagegen an die Relinge oder die Säulen gebunden, welche die Brüstung rings um das Deck bilden. In dieser Weise wird das ganze Segelsystem des vollen Mastes fest gespannt, und um demselben die passende Richtung zu geben, werden die Enden der sämmtlichen Raaen durch die zugehörigen Schoten oder Flaschenzüge angezogen oder nachgelassen. Dieses Verstellen der Segel erfolgt vom Decke aus, so dafs dabei das Besteigen der Takelage nicht nöthig ist.

Dergleichen Raasegel werden bei günstigem Winde auch am Bugspriet und Klüverbaum angebracht. Die an den Masten und an den Stengen befindlichen Segel dieser Art lassen sich aber noch dadurch verbreiten, dafs mit jeder Raa noch zwei Segelstangen verbunden sind, die bei schwachem Winde ausgeschoben werden können, und woran alsdann die sogenannten Leesegel angeschlagen werden.

Die Stagsegel sind von dreieckiger Form. An ihrer längsten Seite sind in geringen Abständen Ringe angebracht, welche das Stag umfassen, die gegenüber befindliche Ecke wird mittelst einer Schote soweit angeholt, wie die Richtung des Windes dieses fordert.

Das Gaffelsegel ist von der Form eines Trapezes, und zuweilen sind auch seine beiden langen Seiten nicht parallel zu einander. Mit der kürzeren von diesen beiden langen Seiten ist es mittelst eines vielfach umschlungenen Taues am Maste befestigt, während seine obere Seite, die vom Maste aus schräge ansteigt, an einen Baum, der die Gaffel heifst, angeschlagen ist. Letztere stützt sich mit einem mondförmig eingeschnittenen Ansatze, der den Mast umfafst, gegen denselben, und die vierte Ecke des Segels wird durch eine Schote gehalten.

Wenn bei diesem Segel noch die untere Seite an einem Baume befestigt ist, wodurch es in gröfsere Spannung versetzt wird, so nennt man es ein Baumsegel. Aehnlich demselben, jedoch vor-

zugsweise nur bei kleineren Fahrzeugen üblich, ist das Sprietsegel, das gleichfalls von viereckiger Form und mit einer seiner langen Seiten am Maste befestigt ist. Die zweite obere Ecke wird bei demselben durch einen schrägen Baum, der das Spriet heifst, unterstützt. Letzterer ist mit dem Segel nicht weiter verbunden, setzt sich aber in der Diagonale desselben bis an den Mast fort, wo er mit einem gabelförmigen Einschnitte in der Schlinge eines um den Mast gewundenen Taues steht. Durch die an der vierten Ecke befestigte Schote wird dieses Segel dem Winde entsprechend eingestellt. Dasselbe ist besonders insofern sehr bequem, als es sogleich aufser Thätigkeit kommt, wenn man nur mittelst eines Taues, das über eine Rolle am Maste geführt ist, das Spriet an den Mast lehnt.

Auf jedem Fahrzeuge und selbst auf kleinen Böten pflegen verschiedene der erwähnten Segel vorzukommen, dagegen giebt es noch eine Art derselben, die immer allein auftritt, und die Verbindung mit andern auch insofern nicht gestattet, als ihre Eigenthümlichkeit und ihr Werth gerade darauf beruht, dafs sie keines hohen Mastes bedarf. Statt desselben befindet sich nur ein niedriger Baum an seiner Stelle, dessen Länge oft nur dem vierten Theile der Länge des Bootes gleich ist. Die Segelstange ist dagegen eben so lang wie das Boot, und indem sie mit dem einen Ende am Vordersteven befestigt, ohnfern desselben aber bis an den Kopf jenes Baumes gehoben wird, so erhebt sich das daran angeschlagene dreieckige Segel mit seinem hintern Ende bis zu einer viel gröfseren Höhe und fängt daher mit einer weit ausgedehnten Fläche den Wind auf. Man nennt dieses das Lateinische oder das Romansegel. Es ist vorzugsweise auf dem mittelländischen Meere, aber doch immer nur bei kleineren Fahrzeugen üblich, wenn auch oft zwei solche Segel hinter einander aufgestellt werden. Bei den heftigen Stürmen, die in dortiger Gegend oft plötzlich auftreten, bietet es nicht nur den grofsen Vortheil, dafs es schnell niedergelassen werden kann, sondern es wird dabei auch der hohe Mast entbehrlich, der im heftigen Sturme und Wellenschlage leicht das Kentern oder Umschlagen des Bootes veranlassen könnte.

Bei mäfsigem Winde werden, um denselben möglichst zu benutzen, bis zur Spitze der Bramstengen alle Segel beigesetzt, bei heftigem Winde müssen jedoch die obern entfernt werden, weil sonst die Masten abbrechen könnten, oder auch wohl das Schiff sich zu

sehr auf die Seite legt. Bei Stürmen führt das Schiff dagegen nur Untersegel und selbst diese werden zuweilen noch bedeutend verkleinert oder gereeft. Man rollt alsdann die untern Theile der Segel zusammen, und um dieselben sicher befestigen zu können, sind in drei Reihen übereinander kurze Leinen, die man Reefe nennt, befestigt. Noch im Anfange dieses Jahrhunderts war es üblich, selbst während des schönsten Wetters bei Untergang der Sonne ein Reef einzuschlagen.

Nachdem die verschiedenen Segel beschrieben sind, dürfte es angemessen sein, die Wirkung derselben noch zu erörtern, und dieses erscheint um so nöthiger, als beim Einlaufeu und Ausfahren in oder aus dem Hafeu vorzugsweise die Frage in Betracht kommt, welche Richtung das Schiff bei gewissen Winden noch verfolgen kann.

Segelt das Schiff vor dem Winde oder fällt die Richtung desselben nahe mit der des Windes zusammen, so bedarf es keiner weitern Erklärung, in welcher Art es von dem letzteren in Bewegung gesetzt wird. Es verfolgt diese Richtung alsdann auch wirklich, ohne seitwärts abzutreiben, wenn es nicht vielleicht von starken Strömungen getroffen wird. Bei dieser Richtung des Windes werden alle Raasegel normal gegen die Längenachse des Schiffes gestellt, auch die Stagsegel, Gaffelsegel oder andre läfst man an den Schoten soweit abtreiben, dafs sie dieselbe Richtung annehmen. Hierbei wäre nur darauf aufmerksam zu machen, dafs namentlich die oberen Raasegel den Vordertheil des Schiffes stark herabdrücken, und dadurch seine Bewegung verzögern, auch sonstige Unfälle veranlassen können. Die Stagsegel, welche eine gegen den Horizont geneigte Fläche darstellen, heben dagegen den Vordertheil des Schiffes, wenn sie vom Winde vollständig getroffen werden.

Bewegt sich das Schiff in einer Richtung, die von der des Windes um einen rechten Winkel verschieden ist, so sagt man, es segelt bei dem Winde. Es geht indessen bei angemefsner Stellung der Segel noch voran, wenn auch der Wind ihm schon entgegen kommt, und selbst Schiffe, die zum schnellen Segeln nicht eingerichtet sind, können noch auf 6 Striche am Winde liegen oder in einer Richtung fahren, die $67\frac{1}{2}$ Grade von derjenigen abweicht, aus der der Wind kommt. Schnellsegler laufen dagegen soweit in den Wind, dafs sie nur 4 Striche oder 45 Grade von der Richtung des-

selben entfernt bleiben. Wenn die Schiffe abwechselnd in der einen und der andern Richtung hart am Winde liegen, so beschreiben sie einen Weg, der zwar im Zickzack läuft, der sie aber gerade gegen den Wind führt. Dieses Manöver nennt man laviren, und der einzelne Theil dieses Weges heifst ein Schlag.

Das Wort Strich, das im Seewesen allgemein eingeführt ist, bezieht sich auf die Eintheilung der Windrose, also des Vollkreises, in 32 gleiche Theile (Striche), und diese entsprechen den üblichen Bezeichnungen der Himmelsgegenden, nämlich: Nord, Nord zum Ost, Nord-Nordost, Nordost zum Nord, Nordost, Nordost zum Ost und so weiter. 1 Strich ist also gleich $11\frac{1}{4}$ Graden.

In welcher Weise der Wind auf die Segel wirkt, wenn das Schiff bei dem Winde und selbst am Winde segelt, ergiebt sich leicht, wenn man die Kraft, die der Wind gegen das Segel ausübt, zerlegt. AB in Fig. 93 sei das Schiff und es bewege sich in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung, während CG die Richtung des Windes ist. Letzterer trifft das Segel EG sehr schräge. Wenn die Linie DG die Kraft des Windes bezeichnet, so wird nur ein Theil derselben, nämlich DE das Segel normal treffen, während die andre Componente EG parallel zum Segel gerichtet ist, also ohne Wirkung bleibt. Zerlegt man jene Kraft DE nochmals, nämlich nach der Richtung der Längenachse des Schiffes und senkrecht darauf, so wird die Kraft FE das Schiff vorwärts und die Kraft DF dasselbe seitwärts treiben. Letztere ist in diesem Falle zwar bedeutend gröfser, als erstere, aber bei der grofsen Länge des Schiffes und seinem verhältnifsmäfsig nur kleinen Querschnitte ist der Widerstand, den es der ersten Bewegung entgegensetzt, viel geringer, als derjenige, den die letztere erfährt, und sonach erfolgt die Bewegung vorzugsweise nach vorn und nur in geringem Maafse nach der Seite.

AH sei der Weg, den das Schiff in einer gewissen Zeit in der Richtung seiner Achse zurücklegt, und während derselben Zeit werde es um die Linie HJ seitwärts getrieben. Es bewegt sich alsdann nicht in der Richtung AH, sondern in AJ. Den Winkel, um welche beide Richtungen von einander abweichen, nennt man die Abtrift. Man kann denselben auf offener See sehr leicht bestimmen, indem man vom Heck, oder von dem Hinterdeck aus den Winkel mifst

m das Kielwasser gegen die Längenachse des Schiffes macht. Das m Schiffe verdrängte Wasser, schlägt nämlich hinter dem Hintersteven wieder zusammen und hier entsteht ein sehr auffallendes räuseln und Aufwallen, das noch längere Zeit hindurch die Stelle kenntlich macht, durch welche der Hintersteven gegangen war. uf solche Art zeichnet sich hinter dem Schiffe eine auffallende Lie in der Oberfläche des Wassers, die der Seemann das Kielasser oder den Sog nennt.

Bei dem Auftragen des Curses mufs die Abtrift gewöhnlich berücksichtigt werden, weil man sonst den Ort, wo das Schiff sich irklich befindet, nicht richtig angeben würde. Sie ist, selbst wenn s Schiff bei dem Winde segelt, oder derselbe die Längenachse unr einem rechten Winkel schneidet, gemeinhin sehr geringe, und legt daher nicht berücksichtigt zu werden, so lange in diesem Falle e See ruhig und der Wind so schwach ist, dafs alle Segel beigetzt werden können. Dagegen wächst sie, wenn das Schiff hart n Winde liegt und besonders, wenn es alsdann wegen der Stärcke sselben oder wegen des heftigen Seeganges nur wenig Segel fühn kann, bis auf 4 Strich oder einen halben Quadranten. Bei kleien Böten tritt diese starke Abtrift schon bei mäfsigem Wellenchlage ein, weil jede anlaufende Welle mehr oder weniger und ft vollständig die Fahrt unterbricht, und das Boot alsdann nur der mittelbaren Einwirkung des Windes ausgesetzt bleibt. Wenn daer in diesem Falle das Fahrzeug während des Lavirens auch hart n Winde liegt, ohne dafs die Segel flattern, so ist es dennoch unöglich, gegen den Wind aufzukommen. Nachdem man zwei weite chläge gemacht hat, befindet man sich oft nur an derselben Stelle, o man vorher schon war. Dieser Uebelstand verschwindet, soald das Boot gröfsere Masse hat oder durch Ballast stark beschwert t, weil alsdann die Wirkung der einzelnen Wellen auf dasselbe ich abschwächt. Die Anwendung von schwerem Ballaste ist jedoch ei offenen Böten oder solchen, die kein Deck haben, nicht zuläsig, weil sie beim Einschlagen der Wellen sich gleich mit Wasser üllen und alsdann versinken. Unglücksfälle dieser Art wiederhoen sich sehr häufig. Hat man dagegen das Boot nicht beballastet, o kann es zwar auch durch die Wellen ganz gefüllt werden und entern, aber es schwimmt alsdann doch auf dem Wasser und

die darin befindliche Mannschaft kann sich daran halten, wodurch ihre Rettung wesentlich erleichtert wird.

Es giebt noch eine andre Ursache, wodurch das Aufsegeln gegen den Wind, wenn auch nicht in gleichem Grade, doch immer sehr merklich erschwert wird. Die Richtung, in welcher der Wind das in der Fahrt begriffene Schiff trifft, ist nämlich eine andre und zwar eine noch mehr conträre, als diejenige, in welcher er es treffen würde, wenn es sich nicht bewegte. Nach Fig. 94 sei wieder BA die Richtung, in der das Schiff sich bewegt, und DB diejenige des Windes. DB sei zugleich der Weg, den ein Lufttheilchen, oder den der Wind in einer gewissen Zeit, also etwa in einer Secunde zurücklegt. Zerlegt man diese Geschwindigkeit nach der Richtung der Bewegung des Schiffes und der darauf senkrechten, so sind AB und DA die Geschwindigkeiten in beiden Richtungen. Bezeichnet nun BC den von dem Schiffe in derselben Zeit zurückgelegten Weg oder die Geschwindigkeit desselben, so ist die relative Geschwindigkeit des Windes in der Richtung der Bewegung des Schiffes nicht mehr AB, sondern $AB + BC$ oder gleich AE. Die normal dagegen gerichtete Geschwindigkeit bleibt unverändert, und der Wind trifft das in in der Fahrt begriffene Schiff unter dem Winkel DEA, während dasselbe bei gleicher Richtung in der Ruhe unter dem Winkel DBA getroffen sein würde. Jener ist aber noch spitzer, als dieser, woher er auch noch weniger günstig ist. Der an den Top des Mastes oder sonst irgendwo befestigte Wimpel oder Flegel zeigt diese Verschiedenheit sehr auffallend, wenn man seine Stellung mit dem Flegel eines vor Anker liegenden Schiffes vergleicht. Die Flegel der beiden Schiffe stehn alsdann nicht parallel. Derjenige, der auf dem ankernden Fahrzeuge angebracht ist, zeigt die wirkliche Richtung des Windes an, der in der Fahrt begriffene dagegen die relative Richtung, und beide sind oft sehr verschieden.

Die Segel dienen keineswegs nur zur Fortbewegung eines Fahrzeuges, sondern aufserdem hängt von ihnen auch die Richtung ab, in die dasselbe sich stellt. Sie unterstützen daher sehr wesentlich die Steurung, und mit dem Steuer allein kann man das Schiff nicht stark wenden, vielmehr ist dieses nur möglich, wenn gleichzeitig auch die Segel verstellt werden. Das Steuer, welches der

Seemann das **Ruder** nennt,*) hat bei Seeschiffen nur eine sehr geringe Länge, wenn man diese mit derjenigen vergleicht, die man ihm bei Flufsschiffen zu geben pflegt. Diese Länge ist gemeinhin nur dem zwölften Theile der gröfsten Breite des Schiffes gleich, seine Wirkung bleibt daher vergleichungsweise auch nur sehr geringe, aber man darf diese nicht durch Verlängerung des Ruders verstärken, weil eines Theils die Handhabung des letzteren schon eine grofse Kraft in Anspruch nimmt, zu deren Darstellung sehr verschiedene mechanische Vorrichtungen angewendet werden, die aber dennoch häufig nicht genügen, um es durch einen einzigen Matrosen führen zu lassen. Sodann aber bleibt das Ruder selbst bei dieser geringen Länge schon derjenige Theil des Schiffskörpers, der den gröfsten Beschädigungen beim Wellenschlage ausgesetzt und oft abgebrochen oder ausgehoben wird. Viele Schiffe führen daher zum Ersatz für solchen Fall ein fertiges Reserve-Ruder mit sich, und der Schiffszimmermann an Bord mufs, wenn dieses nicht vorgesehn ist, aus allen irgend entbehrlichen Hölzern ein neues schleunig zusammensetzen, wenn das erste fortgetrieben oder zerschlagen ist.

Die **Wirksamkeit des Steuers** ist leicht erklärlich, wenn man die darauf wirkenden Kräfte wieder zerlegt. Das Schiff bewege sich nach Fig. 95 in der Richtung BA, das ruhende Wasser zur Seite trifft daher das schräge gestellte Ruder BG. Den Druck ED, den es darauf ausübt, zerlege man parallel und normal zur Richtung des Ruders. Der erste verschwindet, der letzte ist gleich EB. Zerlegt man diesen wieder in zwei andre Pressungen, die parallel und normal zur Längenachse des Schiffes gerichtet sind, so stellt EF die Kraft dar, welche das Schiff in dem Punkte D dreht. Diese Kraft ist gleich

$$\tfrac{1}{2}\, p \;\mathrm{Sin}\; 2\,\varphi$$

wenn man den Druck des vom Steuer getroffenen Wassers mit p, und den Winkel, welchen das Ruder gegen die Längenachse des Schiffes macht, mit φ bezeichnet. Bei näherer Untersuchung der Verhältnisse mufs noch darauf Rücksicht genommen werden, dafs die Gröfse p auch von dem Winkel φ abhängig ist, hier sollte aber nur darauf hingewiesen werden, dafs aus dieser einfachen Betrach-

*) Die Ruder, die zur Bewegung eines Bootes benutzt werden, heifsen **Riemen**.

tung sich schon ergiebt, dafs das Schiff gar nicht mehr gedreht wird, sobald man das Steuer in einen rechten Winkel stellt, oder wenn $\varphi = \frac{1}{2}\pi$ wird. Nur der unmittelbare Stofs würde alsdann noch wirksam bleiben, dieser ist aber in Bezug auf die Drehung ganz unbedeutend, weil er bei Berücksichtigung des Schwerpunktes des Schiffes nur auf einen sehr kurzen Hebelsarm wirkt. Es ergiebt sich hieraus, dafs das Ruder niemals aus seiner geraden Lage weit entfernt werden darf, und gemeinhin sind die erwähnten mechanischen Vorrichtungen auch so angeordnet, dafs der Winkel φ im Maximum nur gleich 35 Graden werden kann.

Hieraus ergiebt sich noch eine andre wichtige Schlufsfolge, dafs nämlich der Effect des Ruders dem Drucke p entspricht, dieser ist aber ungefähr dem Quadrate der relativen Geschwindigkeit des dagegen stofsenden Wassers, oder dem Quadrate der Geschwindigkeit des Schiffes proportional. Bei schwacher Fahrt wirkt also das Ruder, besonders wenn es so klein ist, wie beim Seeschiffe, nur sehr wenig, und die Wirkung desselben hört, wie bekannt, ganz auf, sobald die relative Geschwindigkeit des Wassers gegen das Steuer gleich Null wird, also wenn das Schiff in stehendem Wasser still liegt, oder wenn es mit gleicher Geschwindigkeit im strömenden Wasser treibt.

Um an einem Beispiele zu zeigen, in welcher Weise die Segel benutzt werden, um ein Schiff zu wenden, mögen die sehr einfachen Segel eines kleinen Bootes gewählt werden. Das Manöver auf grofsen Schiffen, obwohl viel complicirter, stimmt dennoch im Wesentlichen hiermit überein, und der Hafenbaumeister mufs aufserdem sein Segelboot auch selbst zu führen verstehn, woher dieses Beispiel sich vorzugsweise hier empfehlen dürfte.

Fig. 96 zeigt das Boot mit den gewöhnlichen Segeln, nämlich mit zwei Stag- und einem Sprietsegel. Das Stagsegel B neben dem Maste heifst bei kleinen Böten die Stagfock, und das vordere C am Klüverbaum befestigte die Klüfock. Das vierseitige Segel A ist durch den Spriet unterstützt, den die Figur gleichfalls zeigt. Alle drei Segel sind in der Art durch ihre Schoten gestellt, wie dieses die Richtung des Windes fordert, und sie bilden ungefähr parallele Flächen. Fig. 97 ist die Ansicht von oben und DE bezeichnet die Richtung des Windes, das Boot segelt also hart am Winde, der es von der rechten Seite trifft. Will man nun beim Laviren wen-

n oder das Boot so stellen, dafs es auf der linken Seite vom Winde
troffen wird, aber wieder so hart wie thunlich gegen denselben
läuft, so sorgt man zunächst dafür, dafs es recht starke Fahrt hat,
o das Ruder recht wirksam wird. Zu diesem Zwecke läfst man
etwas vom Winde abfallen, das heifst, man dreht das Ruder
dafs der Wind die Segel voller trifft. Nunmehr wird die Schote
Klüfock gelöst, so dafs diese sich in die Richtung des Windes
lt, oder von demselben nicht mehr getroffen wird. Dadurch hebt
n das Gleichgewicht zwischen den Vorder- und Hintersegeln auf,
l indem die letzteren alsdann stärker gedrückt werden, als jene,
dreht schon der Wind das Boot so, dafs dasselbe sich der Rich-
g des letzteren nähert. Diese Wendung mufs durch das Ruder
glichst unterstützt werden und hierdurch gelingt es auch meist,
Boot durch den Wind zu drehen. Sollte dieses aber, wie bei
rkerem Wellenschlage oft geschieht, nicht gelingen, so dafs also
Boot, ehe es gedreht hat, zum Stillstande kommt, und dadurch
Ruder unwirksam wird, so giebt es noch ein sehr kräftiges Mit-
, die Wendung zu vollenden. Dieses bietet die Stagfock. Wenn
selbe nämlich in ihrer bisherigen Stellung gehalten wird, so bil-
t sie, sobald das Boot sich in die Richtung des Windes stellt, eine
räge Fläche, die in derselben Weise vom Winde, wie das Steuer
m dagegen stofsenden Wasser seitwärts gedrängt wird und daher
s Boot weiter dreht, bis dieses entschieden von der andern Seite
troffen wird. Hierauf werden alle Segel in diejenige Richtung
stellt, welche Fig. 97 in den punktirten Linien angiebt.

Bei gröfseren Schiffen, welche mehr Segel führen, ist das ähn-
he Manöver bedeutend ausgedehnter, es gelingt indessen gewöhn-
h viel sicherer, weil bei der grofsen Masse die Wirkung der ein-
lnen Wellen weniger erheblich ist. Nichts desto weniger wird es
i heftigem Wellenschlage und namentlich wenn die Schiffe keine
ten Segler sind, zuweilen doch unmöglich, in der beschriebenen
rt, durch den Wind zu drechen, vielmehr mufs dieses vor dem
inde geschehn. Das Schiff wendet sich alsdann rückwärts, was
ar jedesmal gelingt, wobei jedoch ein grofser Theil des Weges,
n man in der Richtung gegen den Wind gemacht hatte, wieder
rloren wird. Auch bei diesem Manöver müssen die Segel we-
ntlich mitwirken, damit das Schiff schnell wendet und nicht zu
nge vor dem Winde treibt. Um es kräftig zu drehn, lüftet man

das hintere Segel oder zieht die äufsere Ecke desselben, die der Hals heifst, zurück, dadurch erhalten die vordern Segel das Uebergewicht und der Wind selbst bewirkt wieder die Drehung, die durch das Ruder unterstützt wird. Man nennt das Wenden vor dem Winde aus diesem Grunde auch das Halsen.

Dieses Beispiel über den Gebrauch der Segel zum Steuern des Schiffes mag genügen, und nur hinzugefügt werden, dafs man zwar geringe Wendungen mittelst des Ruders ausführen kann, besonders wenn das Schiff in starker Fahrt begriffen ist, dafs man aber mit diesem allein, während die Segel bei heftigem Winde unverändert stehn bleiben, unmöglich etwa unter einem rechten Winkel aus dem bisherigen Curse abweichen kann. Es ergiebt sich hieraus, dafs das Fahrwasser im Hafen auf eine längere Strecke gerade gerichtet sein mufs, damit bei der schnellen Fahrt, die zum Innehalten der engen Hafenmündung nothwendig ist, die nöthige Zeit zum Beseitigen der Segel bleibt.

Insofern das Schiff, welches bei dem Winde segelt, oder von dem letzteren gerade von der Seite getroffen wird, nicht nur nach vorn, sondern auch nach hinten getrieben werden kann, wenn die Segel in angemefsner Weise gerichtet werden, so kann man die Segel auch so stellen, dafs die Wirkungen des Windes auf dieselben sich gegenseitig aufheben und das Schiff, obwohl es unter vollen Segeln bleibt, doch weder vor, noch rückwärts geht und, abgesehn von dem Treiben nach der Langseite oder in der Richtung des Windes, unverändert auf derselben Stelle bleibt. Man sagt alsdann, das Schiff habe beigedreht. Dieses geschieht zum Beispiel, wenn vor dem Hafen der Lootse aufgenommen werden soll. Ein solches Manöver läfst sich indessen nur bequem bewerkstelligen, wenn das Schiff Raasegel führt, denen man durch Taue, die zum Einstellen der Raaen dienen, und die man die Brassen nennt, leicht die verkehrte Richtung geben kann. Auch auf Binnengewässern, und zwar wenn die Strömung das Schiff in der beabsichtigten Richtung forttreibt, während ein mäfsiger Wind entgegensteht, pflegen Seeschiffe diese Segelstellung zu benutzen, um die Fahrwasser inne zu halten. Sie drehn sich alsdann quer gegen den Strom, und je nachdem die vorwärts oder die rückwärts gebrafsten Segel schärfer angeholt werden, so geht das Schiff nach vorn oder nach hinten, und nähert sich daher dem einen oder dem andern Ufer. Der Wind treibt es

ibei etwas stromauf, aber insofern die Strömung wirksamer ist, so igt es dennoch der letzteren. In dieser Weise sah man in früher Zeit, als die neue Weichselmündung bei Neufähr sich noch nicht röffnet hatte und die Danziger Weichsel das Oberwasser abführte, hr häufig die Schiffe ganz gegen einen mäfsigen Wind, nach seefahrwasser herabsegeln. Noch häufiger wird dasselbe Manöver af solchen Strömen benutzt, worin starke Fluth und Ebbe statt idet. Man hat dabei den grofsen Vortheil, dafs die Segel stehn leiben, und daher nur gedreht werden dürfen, um den Wind vollindig benutzen zu können, sobald das Fahrwasser eine andre ichtung annimmt.

Da in manchen Häfen die Gelegenheit zum Ankern der chiffe geboten wird, so ist es nothwendig, auch hierüber die errderlichen Erklärungen zu geben. Der Anker besteht in seiner wöhnlichen Zusammensetzung aus einer starken eisernen Stange, r Schaft genannt, die sich in zwei Arme spaltet. Letztere id an ihren Enden gewöhnlich verbreitet, oder mit Schaufeln verhn, damit sie beim Eindringen in den Boden um so gröfseren Wirstand finden. Aufserdem ist am Ende des Schaftes noch ein lzerner oder eiserner Querarm angebracht, der Ankerstock genant, der kreuzweise gegen die Arme gestellt ist und keinen anrn Zweck hat, als den einen oder den andern Arm in eine solche ge zu bringen, dafs er in den Boden eindringt. Am Ende des haftes befindet sich noch ein starker Ring, an welchen das Anrtau oder die Ankerkette befestigt ist.

Man läfst den Anker, sobald das Schiff zum Stillstande gekomen ist, herabfallen, und da derselbe wegen der Befestigung an der ette und wegen des Stockes, besonders wenn dieser aus Holz beeht, jedesmal mit dem Theile, wo die beiden Arme in einander bergehn, zuerst den Grund erreicht, so pflegen sich beide Arme af den letzteren flach aufzulegen, wie Fig. 98 zeigt, so dafs keiner on beiden zum Eingriff kommt. Das Schiff fängt nunmehr an zu eiben, und indem es den Anker nach sich zieht, so hindert dasjeige Ende des Ankerstockes, welches den Boden berührt, das weisre Fortziehn des Ankers. Sollte das Tau so kurz sein, dafs es ehr steil steht, so würde es den Stock aufwärts ziehn, und den Wierstand aufheben, den derselbe auf dem Grunde findet. Wenn man agegen, wie immer geschieht, das Tau weit auslaufen läfst, so dafs

es sich in der Nähe des Ankers ganz oder doch nahe horizontal stellt, so findet ein Heben des Ankerstocks nicht mehr statt und derselbe haftet auf dem Grunde. Indem aber bei der ganz zufälligen Lage des Ankers der Schaft desselben und das Ankertau niemals, oder doch nur momentan in dieselbe Vertikal-Ebene fallen, so kippt der ganze Anker um das eingreifende Ende des Stockes, so dafs letzterer sich flach auf den Boden legt, wie Fig. 99 zeigt. Nunmehr ist der untere Arm in solcher Stellung, dafs er beim weitern Fortgange des Schiffes, wie eine Pflugschaar, in den Grund eingreift. Aber auch jetzt findet er im gewöhnlichen thonigen Grunde oder im Sande keinen absolut festen Halt, vielmehr dringt er langsam immer weiter, besonders wenn bei heftigem Wellenschlage das Schiff stofsweise sehr stark die Kette oder das Tau anzieht. Das Schiff treibt daher langsam in der Richtung der Wellen, also gemeinhin gegen das Ufer. Die hieraus entstehende Gefahr wird erheblich, wenn bei anhaltenden Stürmen der Grund sich auflockert, also der Anker immer weniger Widerstand findet.

Was die Construction der gewöhnlichen Anker betrifft, die auch bei Hafenbauten vielfach gebraucht werden, so ist in Betreff der aus Eisen bestehenden Theile desselben nichts zu erwähnen, da der Schaft mit den beiden Armen und den daran befindlichen breiten Blättern oder Schaufeln in einem Stücke ausgeschmiedet, auch der Ring, nachdem er in die Oeffnung eingezogen ist, darin zusammengeschweifst wird. Der hölzerne Theil oder der Stock besteht dagegen aus zwei Stücken die genau an einander gepafst sind, so dafs sie den Hals des Ankers nahe am Ringe umschliefsen. Zu ihrer Befestigung ist der Hals mit einer Oeffnung versehn, durch welche entweder ein Dübel, oder ein längerer Bolzen hindurchgesteckt ist. In beide Theile des Stockes werden für den ersteren nach der Quere, oder für den letzteren nach der Länge die passenden Oeffnungen eingearbeitet, und nachdem dieses geschehn, werden beide Hälften durch mehrere aufgetriebene Ringe unter sich fest verbunden.

Bei kleineren Fahrzeugen und namentlich bei Böten bedient man sich meist des sogenannten Draggers, das heifst eines kleinen Ankers, der nicht nur zwei, sondern gewöhnlich fünf Arme hat, die strahlenförmig rings um den Schaft stehn und gleichfalls mit breiten Schaufeln versehn sind. Dabei ist der Ankerstock entbehrlich, weil der Dragger, wie er auch niederfallen mag, jedesmal auf einem

r auf zwei Armen liegt und beim Anziehn des Ankertaues mit
en in den Grund eindringt.

Wollte man, während das Schiff in starker Fahrt begriffen ist,
Anker fallen lassen, so würde bei der plötzlichen und sehr star-
Anspannung des Taues oder der Kette, dieses ohnfehlbar so-
ch zerreißen. Wenn man sich bei mäßiger Geschwindigkeit des
iffes wegen andrer dringender Gefahr hierzu gezwungen sieht,
uß man dafür sorgen, daß das Tau nicht sogleich festgehalten
, sondern bei zunehmender Spannung sich noch weiter ausziehn
. Das gewöhnliche Manöver beim Ankern besteht darin,
man das Segelschiff gegen den Wind, oder bei heftiger Strö-
g gegen diese laufen läßt, wobei es sehr schnell zum Stillstande
mt. Sobald seine Fahrt vollständig aufgehört hat, so läßt man
Anker fallen, und indem nunmehr der Wind oder der Strom
Schiff zurücktreibt, so spannt sich langsam das Tau, der Anker
mt die passende Lage an, greift in den Grund ein und verhin-
; das weitere Treiben des Schiffes. Dabei muß indessen hinrei-
nd Tau ausgelassen werden, weil der Anker nur hält, wenn die-
einen beinahe horizontalen Zug auf ihn ausübt. Außerdem trägt
längere Tau auch noch wesentlich zur Sicherheit bei, weil das-
be wegen seiner Elasticität dem Stoße der Wellen um so mehr
chgiebt, je länger es ist. Man darf nämlich nicht etwa voraus-
zen, daß das Tau oder die Kette immer gleichmäßig gespannt,
d daher das Schiff unverändert an seiner Stelle bleibt. Jede an-
ufende Welle stößt es zurück, nachdem diese aber weiter vorge-
ngen ist, so bewegt sich das Schiff wieder nach dem Anker hin,
s Tau oder die Kette senkt sich, und so kann die folgende Welle
eder den kräftigen Stoß ausführen und das Schiff zurücktreiben,
vor das Tau die volle Spannung annimmt. Diese Bewegung wird
ch erleichtert, wenn das Tau recht schwer ist, oder wenn dafür
ne Kette gebraucht wird, obwohl eine solche wegen ihrer sehr
ringen Elasticität bei gleicher absoluten Festigkeit dem Stoße we-
ger Widerstand leistet.

Das Ankertau oder Kabel ist gewöhnlich 150 Klafter oder 9000
ufs lang, doch werden nicht selten mehrere solche an einander
splißt, um zu verhindern, daß das Tau sich nicht zu steil stellt.
amentlich ist dieses nothwendig, wenn man in großen Tiefen, wie
wa von 40 Faden ankert. Das Tau oder die Kette ist jedesmal

durch eine der beiden zu diesem Zwecke neben dem Vorsteven angebrachten Oeffnungen, die Klüsgate genannt, hindurch gezogen. Das Schiff wird daher an seinem Vordertheile gehalten und wenn es nicht etwa in starker Strömung liegt, so wird es vom Winde wie eine Fahne so gedreht, dafs es seinen Bug demselben entgegenkehrt. Auch die Wellen, die gemeinhin in derselben Richtung laufen, treffen es alsdann von vorn. Wenn dagegen der Wind sich ändert, während die Wellen noch ihre frühere Richtung beibehalten, so wird das Schiff von den letzteren auf der Seite getroffen und man pflegt alsdann, ohne den Anker zu heben, oder zu lichten, einige Segel beizusetzen, damit das Rollen nicht zu heftig wird.

Das Liegen vor Anker bei starkem Winde und auf ungeschützter Rhede ist immer nicht ohne Gefahr und nimmt die Aufmerksamkeit des Seemannes im vollsten Maafse in Anspruch. Besonders mufs er darauf achten, dafs nicht etwa beim Umsetzen der Strömung das Tau oder die Kette den aus dem Grunde vortretenden Arm des Ankers fafst, wobei der letztere alle Haltung verlieren würde. Ist der Raum aber so beengt, entweder durch andere Schiffe oder durch Untiefen in der Nähe, dafs das Schiff bei der nöthigen Länge der Kette sich nicht mehr bei den verschiedenen Richtungen des Windes und der Strömung um den Anker drehen kann, so bleibt nur übrig, es vor zwei Anker zu legen, die in verschiedenen Richtungen ausgebracht und deren Taue durch die beiden Klüsgate gezogen und angeholt sind.

In den Häfen, wo theils wegen mangelnden Raumes und theils wegen der mäfsigen Tiefen der Gebrauch des Ankers immer beschränkt und oft ganz verboten ist, werden die Schiffe, wenn sie nicht an das Ufer oder an Duc d'Alben anlegen, vielfach an grofse schwimmende Buoyen befestigt, und letztere liegen entweder vor einarmigen Ankern, die also über die Sohle nicht vorragen, also auch nicht zum Auflaufen der Schiffe auf den obern Arm Veranlassung geben können, oder ihre Kette ist an eine Grundschraube befestigt, die unter der Hafensohle sich befindet und daher einen sehr sichern Stützpunkt bietet. Dagegen werden in gröfseren Häfen sehr häufig kleinere Anker oder sogenannte Warpanker benutzt, an welchen die Schiffe aus- oder einholen. Ein solches wird vor ihnen ausgebracht und an dem Tau desselben, mit Benutzung

illes das Schiff herangezogen. Bevor letzteres aber noch
e des ersten Warpankers gekommen ist, mufs schon ein
weiterer Entfernung ausgebracht sein, dessen Tau in
t angezogen wird, so dafs die Bewegung ohne Unterbre-
gesetzt werden kann.
e Stelle zu bezeichnen, wo der Anker liegt, und um den-
leich leichter aus dem Grunde lösen zu können, pflegt
reites Tau daran so zu befestigen, dafs es das Ende des
rischen den beiden Armen fafst. Sobald dieses angewun-
so zieht es den im Grunde steckenden Arm in der Rich-
Länge, also unter dem geringsten Widerstande heraus.
de dieses Taues befestigt man eine Buoye, die auf dem
wimmt, die man also leicht fassen kann. Dieses Mittel
oder Lichten des Ankers ist jedoch meist nur bei ru-
rung anwendbar. Es müssen daher auf dem Schiffe auch
n Vorrichtungen getroffen sein, um mittelst des am Ringe
Ankertaues oder der Kette den Anker zu lichten. Zu die-
e befindet sich jedesmal neben dem Buge eine sehr kräf-
, das grofse Spill oder auch wohl das Bratspill ge-
n die starke und meist achteckig geformte Welle dessel-
orizontal liegt, wird das Tau oder die Kette mehrmals
gen und das Ende desselben angezogen, um die Reibung
u verstärken. Dieses Spill wird häufig nur mittelst ein-
Hebel oder Handspacken in Bewegung gesetzt. Bei
iffen geschieht dieses aber durch besondere mechanische
gen, und zwar gewöhnlich durch darüber angebrachte
l, die wie bei Feuerspritzen auf und nieder gezogen wer-
ange das Schiff noch vom Anker entfernt ist, folgt es
Zuge, sobald aber das Tau beinahe lothrecht steht, und
beim ferneren Zuge aus dem Grunde gerissen werden
folgt die Bewegung des Spilles sehr langsam, und zeit-
ie vereinte Kraft der ganzen Schiffsmannschaft nicht im
Tau weiter einzuholen. Ein mäfsiger Wellenschlag er-
esentlich dieses Manöver. Sobald der Bug des Schiffes
zieht man das Tau recht steif an und die in das Spill
en Sperrkegel, Palle genannt, verhindern sein Zurück-
ald die nächste Welle das Schiff wieder hebt. Der An-
aber demselben folgen. Ist endlich der Anker frei, oder

schwebt er über dem Grunde, so ist das fernere Heraufholen nicht schwierig, aber in diesem Augenblicke treibt auch schon das Schiff vor dem Winde und die Segel müssen gehörig gerichtet werden. Gemeinhin pflegt man durch einige bereits angeholte Stagsegel dafür zu sorgen, dafs das Schiff sogleich, wie es vom Anker nicht mehr gehalten wird, diejenige Wendung macht, welche dem Curse entspricht, den es verfolgen soll.

Liegt das Schiff nahe vor dem Hafen vor Anker, und soll es bei günstigem Winde absegeln, wie gewöhnlich geschieht, so wird das Aufholen des Ankers ganz umgangen, wenn statt desselben eine zu den Hafenanstalten gehörige Buoye oder auch ein geborgter Anker benutzt wird, den der Eigenthümer später selbst hebt. Es geschieht auch wohl, dafs man in diesen Fällen das Tau nicht am Buge, sondern am Spiegel des Schiffes befestigt, wodurch man den Vortheil erreicht, dafs das Schiff schon in diejenige Richtung gekommen ist, in der es beim Lösen des Taues absegelt.

Wenn das Schiff im Hafen liegt, so kann es nicht leicht aus demselben heraussegeln, weil es noch nicht die nöthige Fahrt hat, um sicher dem Steuer zu folgen, alsdann aber die Gefahr eintritt, dafs es gegen andre Schiffe oder gegen die Hafenköpfe treibt. Nur bei sehr günstigem Winde ist dieses nicht zu besorgen. Das Schiff wird also gewöhnlich an denjenigen Kopf geholt, der an der Wind-Seite oder der Luvseite liegt. Wenn es hier die Segel beigesetzt und die Fangtaue eingezogen hat, so treibt es zwar anfangs noch stark vor dem Winde nach dem gegenüberliegenden Kopfe (auf der Leeseite), indem es aber nach und nach mehr Fahrt gewinnt, so kommt es doch von demselben frei. Sollte in dieser Beziehung die Gefahr nicht ganz verschwinden, so wird das Schiff entweder durch Bugsiren mittelst eines Ruderbootes oder durch Warpen bis vor die Hafenmündung gebracht, wo es neben einer Buoye die Segel beisetzt. Kleine Dampfböte erleichtern wesentlich das Ausgehen der Schiffe, sie bugsiren solche aus dem innern Hafen bis auf die offene See, und da in der Zwischenzeit die Segel vollständig beigesetzt werden können, so braucht die Fahrt gar nicht unterbrochen zu werden, vielmehr segelt das Schiff sogleich weiter, wie das Schlepptau abgeworfen wird. Auch zum Einbringen der ankommenden Schiffe sind diese Dampfböte von grofser Bedeutung, da bei Landwinden, wobei die See abstillt und häufig eine starke ausgehende

das Schiff ins Schlepptau neh-

einer Ufereinfassung,
r Segel gehn zu las-
on der Uferseite träfe.
schwache Strömung
e Fall wiederholt sich nicht
ar sehr häufig. Die Schiffe,
warteten den Eintritt des östli-
mit diesem stellte sich auch die
Haffe ein. Die Schiffe wurden als-
afen verholt und vor das sogenannte
ches das Tief oder die Verbindung zwi-
r See auf der Nordseite begrenzt. Sie la-
, so dafs ihr Hintertheil nach der See gerich-
ar der Wind so sehr südlich, dafs er sie stark
drückte und sie daher von dem letzteren gewifs
umen wären, wenn man den Versuch gemacht hätte,
ar abfahren zu lassen. In der bezeichneten Lage wur-
gel aufgehifst und zunächst so gestellt, dafs sie sämmt-
llel zum Winde standen, also der Einwirkung desselben
t wenig ausgesetzt waren. Sodann löste man die Fange-
rückwärts gekehrten Vordertheils des Schiffes und setzte
mittelst Stangen vom Ufer ab. Es wurde alsbald vom
gefafst, der ohnerachtet des Windes die Drehung soweit vol-
dafs das Schiff normal gegen das Bohlwerk sich stellte.
r wurden die Segel in der Art gerichtet, als ob bei dem
gesegelt werden sollte, und in Folge dessen zogen sich die
en steif, an denen das Hintertheil noch immer gehalten
m das Schiff nicht früher durch den Wind und Strom fort-
n lassen, bevor der Wind es von dem Bohlwerke entfernte.
dieses, so löste man die Fangtaue, und nunmehr vollendete
n freien Wasser die Drehung und nahm die Richtung nach
gatt an.

§. 32.

Erfordernisse der Seehäfen.

Das wichtigste Erfordernifs eines Seehafens ist die hinreichende Tiefe. Ein bestimmtes Maafs derselben läfst sich nicht angeben, da die Gröfse der einlaufenden Schiffe gemeinhin durch diese Tiefe bedingt wird und die localen Verhältnisse vielfach von der Art sind, dafs eine grofse Tiefe, wenn auch durch aufserordentliche Mittel momentan darzustellen, doch nicht dauernd zu erhalten ist. Die Mündungen mancher Häfen, so wie auch die Fahrwasser, die seewärts zu denselben führen, sind wie schon oben (§ 5) erwähnt, starken Versandungen ausgesetzt. Solche treten aber vorzugsweise bei heftigem Wellenschlage ein, also wenn ein starker Seewind das Ufer trifft. Wenn nun, während dieses sich ereignet hat, ein Schiff nach dem Hafen segelt und sich demselben soweit nähert, dafs das Signal bemerkt werden kann, welches anzeigt, dafs die frühere Fahrtiefe nicht mehr vorhanden ist, so tritt für das Schiff eine grofse Gefahr ein. Während des Sturmes vor einem ganz ungeschützten Ufer zu ankern, ist höchst bedenklich, ein Zurückgehn nach der offenen See aber häufig ganz unmöglich. Die Versicherungs-Gesellschaften pflegen solche Verhältnisse auch sehr richtig zu würdigen, und die Gefahren, die dem Schiffe vor einem Hafen drohen, den es unter ungünstigen Umständen nicht sogleich einlaufen kann, viel höher zu taxiren, als die wahrscheinlichen Schäden auf einer weit ausgedehnten Fahrt in offener See.

Beim Einlaufen in den Hafen während eines heftigen Wellenschlages kommt noch ein andrer sehr wesentlicher Umstand in Betracht. Das Schiff behält nämlich nicht diejenige Lage, in der es auf ruhigem Wasser schwimmt. Während es von einer Welle eingeholt wird, so hebt es sich hinten und fällt mit dem vordern Theile herab, wenn es hier nicht mehr von der vorhergehenden Welle getragen wird. Es schlägt alsdann 1 auch wohl 2 Fufs durch und bedarf daher unter solchen Umständen einer um so gröfseren Wassertiefe. Ergiebt sich zum Beispiel aus dem Wasserstande am Pegel die Tiefe von 14 Fufs in der Mündung, so kann ein Schiff von 12 Fufs Tiefgang bei heftigem Wellenschlage schon leicht den Grund berühren. Geschieht dieses mit dem hinterern Theile des

Kieles, so wird dadurch zwar eine Erschütterung, oder ein Stofs veranlafst, der einen Leck verursachen, oder das Schiff sonst beschädigen kann, es ist aber nicht entfernt so gefährlich, als wenn beim Durchschlagen der vordere Theil des Kieles in den Grund stöfst und dadurch, wenn auch nur während der kürzesten Zeit, den Fortgang des Schiffes hemmt. Das Trägheits-Moment des Schiffes, verbunden mit dem Drucke des Windes auf die Segel und mit dem Stofse der Wellen, veranlassen in diesem Falle eine Drehung des Schiffes in dem engen Fahrwasser und eine Strandung ist alsdann unvermeidlich.

Es sollte hier nur auf die überwiegende Wichtigkeit der Tiefe in der Hafenmündung oder in dem davor liegenden Fahrwasser aufmerksam gemacht werden. Die Frage, in welcher Weise dieselbe beschafft und sicher erhalten werden kann, erfordert ein näheres Eingehn, und wird daher in dem folgenden Abschnitte besonders behandelt werden. Hier wäre nur darauf aufmerksam zu machen, dafs dieses durch künstliche Vertiefung, oder durch Baggerung nicht möglich ist, wenigstens vor keinem Hafen, der an der offenen See liegt. Man kann freilich an einzelnen Tagen während sehr ruhiger Witterung auch hier den Bagger benutzen, wie dieses in der That zuweilen geschieht, wenn aber bei heftigen Stürmen grofse Sand- oder Kiesmassen sich vorlegen, so kann man die ansegelnden Schiffe unmöglich warten lassen, bis vielleicht nach Monaten die Gelegenheit sich bietet, das Fahrwasser wieder aufzuräumen. An solchen Küsten, die vor Verflachungen nicht an sich schon gesichert sind, müssen daher die Hafenmündungen in andrer Weise geräumt, oder stets offen erhalten werden.

Dafs auch die Hafenbassins die nöthige Tiefe haben müssen, damit die Schiffe darin schwimmen können, bedarf kaum der Erwähnung, aber wohl mufs darauf aufmerksam gemacht werden, dafs die Schiffe während des Sturmes jedesmal mit grofser Geschwindigkeit einlaufen, und alsdann, wenn es Segelschiffe sind, weder schnell in eine andre Richtung gebracht, noch auch plötzlich angehalten werden können. Sie laufen also im Hafen selbst noch eine längere Strecke in derselben Richtung fort, in der sie eingekommen sind. Es mufs dafür gesorgt werden, dafs sie dieses thun können, ohne die Hafenwände zu berühren, und ohne sich in flacheren Theilen des Hafens auf den Grund aufzusetzen.

Das Einlaufen aller Schiffe und namentlich der Segelschiffe

wird wesentlich erleichtert, wenn dieses nicht in einer einzigen Richtung geschehn muſs, vielmehr ein Spielraum von mehreren Strichen nach jeder Seite geboten ist, ohne daſs man besorgen darf, die Schiffe dadurch gegen die Hafenwände zu steuern. Bei denjenigen Häfen, die mit langen und schmalen Eingängen versehn sind, wie mehrere von unsern Ostseehäfen, ist dieses freilich nicht möglich, wohl aber bei solchen, die breite Bassins bilden, und deren Umfassungswände zu beiden Seiten der Mündung stark convergiren oder vielleicht direct gegen einander gerichtet sind. Als Beispiel eines solchen Bassinhafens, der auch in andrer Beziehung groſse Vortheile bietet, mag der Hafen Kingstown bei Dublin erwähnt werden, dessen Situation Fig. 102 darstellt.

Besonders in dem Falle, wenn ein starker Strom vor dem Hafen vorbeistreicht, ist eine Mündung dieser Art von groſser Bedeutung und erleichtert wesentlich das Einlaufen der Schiffe. Sehr scharfe und plötzliche Wendungen sind mit dem Seeschiffe nicht leicht auszuführen, man darf daher nicht etwa nahe an dem Ufer heraufkommen und alsdann plötzlich in den Hafen einzulaufen versuchen. Es ist vielmehr nothwendig, sich vom Ufer und dem Hafen etwas entfernt zu halten, und schon in einem gewissen Abstande dem Schiffe diejenige Richtung zu geben, die es beim Einsegeln haben muſs. Wenn die Segel des in der Fahrt begriffenen Schiffes auch jedesmal so gestellt werden, daſs der Wind dasselbe in seiner Längenrichtung nach vorn treibt, so bewegt es sich doch keineswegs jedesmal in dieser Richtung, weil es theils schon durch den Wind abgetrieben wird, wie oben gezeigt ist, theils aber geschieht dieses auch, und zwar oft sehr stark, in Folge der Strömung. Dieses Abtreiben muſs genau berücksichtigt werden, und der am Steuer befindliche Seemann faſst deshalb nicht nur den Punkt, den er erreichen will, also etwa den Kopf des Hafendammes ins Auge, sondern er betrachtet auch zugleich die Verschiebungen der dahinter belegenen Gegenstände. Ist er in die Linie gekommen, in welcher er einlaufen will, so richtet er keineswegs das Schiff auf jenen ersten Punkt, denn in solchem Falle würde es sogleich durch den Strom aus jener beabsichtigten Einsegelungs-Linie herausgetrieben werden, vielmehr steuert er das Schiff so, daſs beide Bewegungen, die es macht, nämlich indem es in seiner Längenrichtung vorgeht und indem es zugleich dem Strome folgt, diejenige Richtung zur

Diagonale haben, die er einschlagen will. Er kann sich auch leicht avon überzeugen, ob dieses der Fall ist, denn alsdann bleibt derelbe entferntere Gegenstand immer hinter dem vorderen Punkte, hne sich rechts oder links gegen denselben zu bewegen. Wenn abei auch, wie meist der Fall ist, die Stärke oder die Richtung er Strömung in den verschiedenen Abständen vom Ufer sich änert, so kann er dennoch in dieser Weise das Schiff stets in jener eraden Linie halten und es endlich so in den Hafen einführen, dafs s zuletzt, wenn es dem Strome ganz entzogen ist, noch in dieser inie bleibt. Beim Einlaufen in den Hafen tritt freilich für kurze eit noch der sehr ungünstige Umstand ein, dafs der vordere Theil es Schiffes bereits durch den Hafenkopf gedeckt, also vom Strome icht mehr getroffen wird, während das Hintertheil demselben noch asgesetzt ist. In dieser Periode fängt das Schiff an sich zu dreen. Durch vorsichtige Führung desselben und indem man ihm orher eine etwas andre Richtung gab, läfst sich jedoch diese Dreung unschädlich machen, jedenfalls wird ihr nachtheiliger Einflufs aber wesentlich geschwächt, wenn das Schiff mit grofser Geschwindigkeit einläuft. Dieses gilt eben sowol für Dampfschiffe, wie für Segelschiffe.

Hat ein solcher Bassinhafen auch nur mäfsige Länge und Breite, so können die einlaufenden Segelschiffe darin aufdrehn und vor Anker gehn, während die Dampfböte auch hier durch Rückgang der Räder oder der Schrauben sehr schnell zum Stillstande gebracht werden können. Haben die Häfen dagegen, wie die Mehrzahl der Ostsee-Häfen, lange und schmale Eingänge, in welchen nicht in der gewöhnlichen Art geankert werden kann, sö müssen sie entweder so lang sein, dafs, nachdem die Mündung passirt ist, die Segel beseitigt werden können und alsdann noch hinreichender Raum bleibt, um das Schiff auslaufen zu lassen, so dafs seine Geschwindigkeit beinahe vollständig aufhört. Ist dieses nicht möglich, so mufs in andrer Weise für die Verminderung der Geschwindigkeit gesorgt werden.

Das erste findet beispielsweise in dem Hafen von Swinemünde statt, Fig. 101, woselbst die Schiffe, nachdem sie den Kopf der am weitesten vortretenden Mole, nämlich der östlichen, erreicht haben, neben dem sehr gleichmäfsig und sanft gekrümmten östlichen Hafendamme und dem hieran anschliefsenden Ufer 750 Ruthen, also drei Achtel einer

Deutschen Meile, in einem Fahrwasser von 30 und stellenweise sogar von 60 Fufs Tiefe auslaufen können. Dafs diese Anordnung zweckmäfsig sei, läfst sich wohl nicht sagen, denn das Fahrwasser ist bis zum alten Nothhafen oder auf 500 Ruthen Länge so beschränkt, dafs Schiffe hier nicht liegen können und unter schwierigen Verhältnissen selbst ein Begegnen derselben gefährlich wird. Ein sehr grofser Theil des Hafens ist also für dessen eigentliche Zwecke ganz nutzlos, und das Durchfahren desselben, das bei Winden, die nicht gerade günstig sind, oder bei starkem Gegenstrome nur mit Hülfe von Dampf-Schleppbooten geschieht, verursacht vielfach grofsen Zeitverlust und Kostenaufwand.

Unter den Mitteln, die man anwendet, um die Geschwindigkeit des in den Hafen einlaufenden Schiffes zu mäfsigen, mufs zunächst das Stoppen mit Hülfe eines am Ufer befestigten Taues erwähnt werden. Dieses ist unter Andern beim Einlaufen in den eigentlichen Hafen von Pillau ganz gewöhnlich. Derselbe liegt nicht an der offenen See, sondern unmittelbar an der Ostseite der Stadt und mündet in das sogenannte Tief, welches die Mündung des Frischen Haffes bildet. Seewärts von demselben liegt die Untiefe oder Barre, die den zulässigen Tiefgang der aufkommenden Schiffe bedingt. Haben die letzteren dieselbe passirt, so finden sie bis zur Hafenmündung tiefes und geräumiges Fahrwasser, wenn sie aber sogleich in den Hafen einlaufen wollen, vor dem oft noch ein bedeutender Wellenschlag, so wie auch meist eine starke Strömung statt findet, so müssen sie in voller Fahrt bleiben und die Segel dürfen erst nahe vor dem Hafen eingezogen werden. Sie treten also mit grofser Geschwindigkeit ein, und würden den nur kleinen Hafen der ganzen Länge nach durchlaufen, ohne zum Stillstande zu kommen, während gemeinhin hier so viele Schiffe liegen, dafs ein Gegenstofsen dabei ganz unvermeidlich wäre. Um solchen Unfällen zu begegnen, wird von dem einkommenden Schiffe aus ein starkes Tau auf das Bohlwerk geworfen, welches auf der westlichen oder der Stadtseite die Hafenmündung begrenzt. Hier befinden sich jedesmal einige Zuschauer, die sehr bereitwillig das lose Tau um den Schiffshalter zweimal umschlingen und es mit einfachem Stiche oder halbem Knoten daran befestigen. Nunmehr wird das andre Ende des Taues auf dem Schiffe schnell angezogen, und um zwei neben einander befindliche Poller in einer Windung lose umgeschlungen. Um es

hier sicher zu halten, fassen zwei Mann das Ende und ziehn es kräftig an. Ein augenblickliches Anhalten des Schiffes erfolgt keineswegs, dieses ist bei der grofsen bewegten Masse unmöglich. Sollte aber das Tau gleich vollständig festgehalten werden, so würde es auch sogleich zerreifsen. Nur die Reibung an den Pollern bildet den Zug, der das Schiff aufhält, und um diesen möglichst zu verstärken, ohne das Gleiten des Taues zu verhindern, wird dasselbe rückwärts angezogen. So windet sich das Tau in scharfen Krümmungen ab, und in gleichem Maafse, wie dieses geschieht, fassen die Matrosen es immer weiter rückwärts. Das Tau spannt sich dabei sehr stark, und wie grofs die Reibung an den Pollern ist, giebt sich oft durch den Rauch zu erkennen, der in Folge der Erhitzung hier aufsteigt. Dieser Gegenzug ist indessen sehr wirksam, und nachdem das Schiff einige hundert Fufs weit gelaufen ist, hat seine Geschwindigkeit so sehr abgenommen, dafs das Tau vom Schiffshalter abgeworfen und das Schiff ans Ufer gesteuert werden kann.

Demnächst werden zu demselben Zwecke auch zuweilen die Anker benutzt, deren Gebrauch jedoch in manchen Häfen strenge verboten ist. Zu diesem Zwecke läfst man einen leichten Anker, bei kleineren Schiffen auch wohl nur einen Dragger vom Hintertheile des Schiffes herabfallen, dessen Tau oder Kette meist sogleich an einen Poller vollständig befestigt wird. Derselbe fafst auch keineswegs so sicher, dafs er nicht nachgeben sollte, er wird vielmehr wie eine Pflugschaar durch den Grund gezogen und der Widerstand, den er findet, bringt das Schiff nach und nach zum Stehen. Er ersetzt also jenes Umschlingen des Taues um die Poller.

Sollte die Geschwindigkeit des Schiffes sehr grofs und die Gefahr des Auflaufens augenscheinlich sein, so wagt man auch wohl, den schweren Hauptanker, der am Buge hängt, fallen und die Kette über die Winde ablaufen zu lassen, wobei sie eine sehr starke Reibung erfährt und dadurch das Schiff bald zum Stehen bringt. Dieses Verfahren ist indessen nur zulässig, wenn der Hafen so tief ist, dafs das Schiff noch sicher über den Anker fortgehn kann, ohne ihn zu berühren. Sollte es auf denselben aufstofsen, so wäre eine sehr starke Beschädigung die unausbleibliche Folge. In dem Vorhafen des alten Docks in Bremerhaven sah ich einst dieses Auswerfen des grofsen Ankers. Der Vorhafen mündet in die Weser,

die hier zwar nur etwa eine Viertel Deutsche Meile breit ist, aber bei Fluth und Ebbe starke Strömung hat. Das aufkommende Schiff mufste also mit starker Fahrt einsegeln, um neben dem Kopfe des auf der nördlichen Seite belegenen Hafendammes sicher einzulaufen. Die Entfernung von diesem bis zur Schleuse mifst aber nur 1000 Bremer oder 920 Rheinländische Fufs, sie genügte also nicht, um mittelst des kleinen nachschleppenden Warp-Ankers das Schiff zum Stehen zu bringen, woher gleich darauf noch der Hauptanker herabgelassen wurde.

Die Benutzung der Anker für diese Zwecke kann nur eintreten, wenn der Grund dazu geeignet ist, wenn letzterer also aus Sand oder Thon besteht, und aufserdem auch so rein ist, dafs das Heben des Ankers keine Schwierigkeit macht. In Felsboden greift der Anker nicht, oder wenn dieses geschehn sollte, wenn er also etwa einen Spalt träfe, so würde er sich so fest setzen, dafs es zweifelhaft wäre, ob man ihn schnell wieder heben könnte, und wäre dieses nicht möglich, so würde er für die folgenden Schiffe höchst gefährlich werden. Wenn nun der Boden aus ziemlich ebenem Felsgrunde besteht, über den der Anker mit Leichtigkeit fortgezogen wird, ohne dafs er einen merklichen Widerstand veranlafst, so läfst sich dennoch künstlich der Anker hier aufhalten, und zwar so sicher, dafs er gar nicht nachgiebt, also wie ein fester Schiffshalter wirkt. Dieses geschieht dadurch, dafs eine schwere Kette quer durch die Hafenmündung gelegt und an beiden Enden sicher befestigt wird. Ehe das Schiff an diese Stelle gelangt, wird vom Hintertheile aus der Anker geworfen und sein Tau lose um zwei Poller geschlungen. Der Anker folgt alsdann dem Schiffe, bis er die Kette fafst. Hier bleibt er plötzlich unbeweglich liegen, und nunmehr zieht sich sein Tau in gleicher Art, wie oben beschrieben, über die Poller aus. In der Mündung des alten Hafens von Holyhead ist eine solche Kette ausgelegt, welche die einsegelnden Schiffe oft benutzen, um nicht auf die Felsen im innern Hafen aufzulaufen.

Ein anderes eigenthümliches Mittel zum Aufhalten der einsegelnden Schiffe ist in dem kleinen Hafen Rügenwaldermünde im Gebrauche. Dieser Hafen ist sehr schmal, so dafs seine Breite stellenweise noch nicht 6 Ruthen beträgt, und ist ganz gerade in der Richtung nach Nordwest gestreckt. Seine Tiefe beträgt in der Mün-

ng 9 bis 10 Fuſs, doch bleibt sie oft noch darunter. Hiernach nnen nur kleinere Fahrzeuge, meistens Schooner und Jachten, den ifen besuchen. Bei starken nordwestlichen Winden laufen die ellen mit groſser Heftigkeit ein, und die Schiffe, die alsdann oder andern Seewinden einkommen, können nur in starker Fahrt die imale Mündung sicher treffen. Der Raum, den sie alsdann durchfen, hat nicht die nöthige Ausdehnung, um ihre Geschwindigkeit lständig aufzuheben, weil 90 Ruthen von der Mündung des Has entfernt über denselben eine Klappbrücke führt. Wenn diese ch hinreichende Weite zum vorsichtigen Durchführen der Schiffe , so wagt man es doch nicht, die Letzteren sogleich beim Eingeln mit groſser Geschwindigkeit hindurchgehn zu lassen, weil sie leicht gegen die Brücke stoſsen, und alsdann diese oder sich bst beschädigen würden. Sollte aber auch ein Zusammenstoſs r nicht erfolgen, so wäre ein solcher hinter der Brücke unveridlich, wo entweder die dort liegenden Schiffe getroffen oder nicht hr die nöthige Wassertiefe gefunden würde. Um demnach die hiffe, die unter besonders ungünstigen Umständen, also mit gror Fahrt einlaufen, vor der Brücke sicher aufzuhalten, spannt man starkes Tau, das sogenannte Hafentau, quer über den Hafen, daſs es etwa 5 Fuſs über dem Wasserspiegel schwebt. Gegen ses laufen die Schiffe an und werden dadurch zum Stehn geacht. Dieses gewiſs sehr gewaltsame Mittel ist keineswegs gerlos. Vor mehreren Jahren brach das Tau, obwohl es 3 Zoll Durchmesser hielt und noch in gutem Stande sich befand, die hr stark gespannten Enden desselben schlugen dabei aber mit soler Heftigkeit zurück, daſs dem Seemanne, der es an der einen ite befestigt hatte, der Fuſs zerbrochen wurde.

Die beiden zuletzt beschriebenen Vorkehrungen sind nur in enigen Häfen zur Anwendung gebracht, dagegen findet man vielch zu gleichem Zwecke eine sogenannte Schlickbank, die bei r Vertiefung des Hafens immer unberührt bleibt. In einer angeessenen Stelle und zwar vorzugsweise in einer zurücktretenden ke, welche weder bei der Bewegung der Schiffe, noch auch beim ilegen derselben an die Ufer benutzt wird, läſst man die weichen d schlammigen Niederschläge, die nie zu fehlen pflegen, sich anmmeln und zwar gemeinhin in solcher Höhe, daſs sie über den ttleren Wasserstand sogar heraustreten. Wenn nun alle Mittel

versagen, um das einlaufende Schiff rechtzeitig zum Stillstande zu bringen, oder wenn gerade in dieser Zeit der Hafen beim Verholen von andern Schiffen gesperrt sein sollte, so steuert man es auf jene Bank, und indem es darin eine tiefe Furche einschneidet, steigt es zugleich hoch auf, so dafs sein Vordertheil sich um mehrere Fufs erhebt. Es erfährt dabei allerdings einen heftigen Stofs, so dafs einige Fugen sich zu öffnen pflegen, auch wohl Theile der Takelage brechen, überdiefs verursacht es meist nicht geringe Mühe, um es später wieder loszuwinden, aber jedenfalls sind diese Uebelstände viel geringer, als wenn es in voller Fahrt auf andre Schiffe oder gegen fest verbundene Hafenwände gelaufen wäre, wobei nicht weiche und nachgebende Massen den Stofs aufgenommen hätten, dieser vielmehr nur eine vollständige Zertrümmerung verursachen mufste.

Von der äufsersten Wichtigkeit ist es ferner, dafs der Hafen von starker Wellenbewegung frei bleibt. Jeder Hafen hat wohl in allen Fällen nur so mäfsige Ausdehnung, dafs selbst bei heftigen Winden nachtheilige Wellen sich darin nicht bilden können, es kommt daher nur darauf an, dafs diese nicht ungeschwächt von dem Meere aus hineindringen und sich darin weit fortsetzen. Der Wellenschlag ist für ein Schiff am wenigsten gefährlich, wenn es sich unter Segel befindet. Es kann freilich durch die fortdauernden Erschütterungen und Schwankungen in seiner Verbindung etwas leiden, auch wird bei heftigem Seegange seine Führung erschwert, da es aber stets vom Wasser getragen wird und nur dieses berührt, so bleiben die Stöfse doch immer sanft, und aufserdem veranlafst der ziemlich gleichmäfsige Druck des Windes gegen die Segel eine Unterstützung, die in hohem Grade die Schwankungen mäfsigt. Selbst bei Dampfböten pflegt man, wenn es sein kann, in heftigem Seegange einige Segel beizusetzen, um das zu starke Rollen zu schwächen. Viel bedenklicher ist es schon, wenn bei heftigem Wellenschlage der Wind plötzlich ganz aufhört, weil alsdann die Schwankungen viel stärker werden. Noch übler ist es aber, wenn in solchem Falle das Schiff vor Anker liegt. Es ist schon erwähnt worden, welche grofse Vorsicht alsdann nothwendig wird, um das Brechen des Ankertaues oder der Ankerkette zu verhindern, auch der Anker selbst liegt nicht absolut fest, er wird vielmehr langsam durch den Grund gezogen, und er leistet um so weniger Wi-

derstand, je steiler das Tau oder die Kette ansteht, oder je weniger man beide auslassen kann.

Es ergiebt sich hieraus, dafs in einem Hafen, wo die Räumlichkeit doch immer beschränkt ist, das Ankern bei heftigem Wellenschlage nicht als gefahrlos angesehn werden kann, besonders wenn das Schiff nicht mit schweren Ankern und hinreichend festen Ketten und Tauen versehn ist. Sehr vortheilhaft ist es daher, wenn in dem Hafen grofse schwimmende Buoyen liegen, die mit starken Ketten an Grundschrauben befestigt sind. Das einkommende Schiff darf alsdann nur mittelst eines durch den Ring der Buoye hindurchgezogenen Taues oder einer Kette gehalten werden, um vor dem Treiben ganz gesichert zu sein.

Viel nachtheiliger ist der Wellenschlag, wenn die Schiffe von freistehenden mit einander verbundenen Pfählen, oder von sogenannten Duc d'Alben gehalten werden. Indem diese gar nicht nachgeben, so verursacht jede Welle ein heftiges Anspannen der Kette oder des Taues, wobei diese leicht brechen. Am übelsten ist es aber, wenn die Schiffe am Ufer befestigt sind, also entweder unmittelbar vor diesem, oder vor andern Schiffen liegen. Ein starkes Reiben und Stofsen ist alsdann während des Wellenschlages unvermeidlich, wodurch die Theile, welche vor die Seitenwand vortreten, leicht beschädigt und aufserdem auch der ganze Verband des Schiffes gelockert werden kann.

Endlich kommt beim Wellenschlage auch noch der Umstand in Betracht, dafs die Schiffe dabei bald vorn und bald hinten tiefer eintauchen, als wenn sie bei gleichem Wasserstande sich in Ruhe befinden. Dieses Herabsinken oder Durchschlagen beträgt wohl 1 bis 2 Fufs, und wenn der Kiel dabei vorn oder hinten den Grund berührt und dieser nicht ganz weich ist, so treten heftige Erschütterungen ein, wobei das Schiff leidet, und falls es auf Felsboden aufstöfst, selbst während es im Hafen liegt, noch verunglücken kann.

Es ergiebt sich aus Vorstehendem, wie wichtig es ist, das Eintreten der Wellen in die Häfen zu verhindern, oder wenn dieses nicht möglich sein sollte, Vorkehrungen zu treffen, dafs wenigstens diese Wellen sich in der Nähe der Hafenmündung schon wesentlich abschwächen, ohne das Einkommen der Schiffe zu erschweren. Es giebt viele Häfen, in welchen dieses nicht entfernt erreicht wird,

wo vielmehr bei gewissen Winden die Schiffe grofser Gefahr
gesetzt sind und Unglücksfälle sich alsdann vielfach zu wiederl
pflegen. Nichts desto weniger sind in dieser Beziehung doch
che wichtige Erfahrungen, so wie auch Versuche zur Abstellun
Uebelstände gemacht worden. Es wird im Folgenden (§ 33)
führlicher hiervon die Rede sein.

Demnächst kann auch der Wind, ganz abgesehn von de
laufenden Wellen, die Benutzung des Hafens erschweren und
Umständen sogar die darin liegenden Schiffe beschädigen. D
sowol in ihrem Körper, als auch in den Masten, Raaen un
stigen Hölzern und dem Tauwerke eine grofse Angriffsfläcl
ten, und der Sturm niemals ganz gleichmäfsig, sondern imme
weise wirkt, so werden die Taue, mittelst deren das Schiff be
ist, abwechselnd stark in Anspruch genommen, indem sie be
Elasticität sich aber gleich darauf wieder etwas verkürzen, un
auch das Schiff anziehn, so wird letzteres bei dem nächsten
wieder fortgetrieben und das Tau mufs dem Momente dieser
gung und zugleich der Kraft des Windes widerstehn, wobei
len ein Bruch erfolgt. In Pillau geschah es, dafs bei solch
legenheit die starken Eichenpfähle, woran die Schiffe befesti
ren, gelöst und so weit übergeneigt wurden, dafs die Kett
Taue nicht mehr sicher daran hafteten. In dieser Beziehung
sehr vortheilhaft, wenn der Hafen auf der Seeseite, von wo
mal der Wind am heftigsten weht, durch hohe Ufer, Wald
oder andre Gegenstände geschützt wird. Vergleichungsweise
die früher erwähnten Erfordernisse, ist diese Rücksicht jedo
wenig erheblich, und in den meisten Fällen fehlt auch jede G
heit, dieselbe zu beachten.

Wichtiger ist es, dem Hafen solche Breite zu geben, daf
nur Schiffe vor beiden Ufern und zwar in mehreren Lagen
einander liegen können und dennoch zum Verholen anderer
und zum Begegnen von solchen hinreichender Raum bleibt.
ses der Fall, so genügt die Breite auch zum Wenden der Sc
wenigstens an solchen Stellen, die nicht besetzt sind. Ist d
fen dagegen schmaler, so mufs unbedingt dafür gesorgt werde
das Wenden irgendwo innerhalb desselben erfolgen kann, den
wärts die Schiffe ein- oder auszubringen ist, wenn die Münd
offener See liegt, durchaus unzulässig. Selbst die Dampfb

von Bremen nach Bremerhaven gehn, die also die See nicht berühren, sondern nur auf der Weser bleiben, wagt man nicht rückwärts in die bei niedrigem Wasser überaus schmale Geeste einlaufen oder ausgehn zu lassen. Da dieselben jedoch hier nicht wenden und wegen des kurzen Aufenthaltes vielfach auch nicht das Hochwasser abwarten können, so hat man sich dadurch geholfen, dafs ein zweites Steuer am Vordersteven eingehängt wird, und sie vor diesem einlaufen.

Will man den einkommenden Schiffen Gelegenheit geben, im Hafen selbst vor Anker zu gehn, so mufs die Breite, wenn auch nur auf kleinere Handelsschiffe Rücksicht genommen wird, doch wenigstens etwa 50 Ruthen betragen. Eine wesentliche Erleichterung wird hierdurch unbedingt geboten, doch fehlt sie in der grofsen Mehrzahl der Häfen, und sie kann daher nicht als dringendes Bedürfnifs angesehn werden.

Ein andrer Grund, der für die grofse Breite spricht, bezieht sich darauf, dafs alsdann das Verhältnifs zwischen dem Hafenraume und der Länge der Umschliefsung desselben sich viel vortheilhafter herausstellt. Eine gewisse Anzahl von Schiffen soll im Hafen untergebracht werden, und dieses wird mit den geringsten Kosten erreicht, wenn man grofse Breiten wählt, weil die Einfassungen, mögen sie massiv sein, oder in hölzernen Bohlwerken bestehn, in der Anlage, und die letzteren auch in der Unterhaltung überaus theuer sind. Zu dem grofsen Mifsverhältnisse, das sich bei manchen, und namentlich bei einigen Preufsischen Seehäfen in dieser Beziehung herausstellt, hat vorzugsweise der Umstand Veranlassung gegeben, dafs man die ursprünglichen Mündungen nach und nach immer weiter herausgeführt hat. Besonders ist dieses beim Hafen Neufahrwasser geschehn, der auf diese Weise eine Länge von 600 Ruthen erhalten hat und durchschnittlich nur etwa 15 Ruthen breit ist. An einzelnen Stellen mifst seine Breite sogar nur 10 Ruthen, und hier kann kein einziges Schiff liegen, ohne das Vorbeifahren von andern zu verhindern. Dafs im Hafen Swinemünde (Fig. 101) ähnliche Verhältnisse vorkommen, ist bereits erwähnt, der Mifsstand ist hier aber nicht durch die zu grofse Nähe der beiderseitigen Ufereinfassungen veranlafst, als vielmehr dadurch, dafs die sehr ausgedehnte Sandbank, die Joachims-Fläche genannt, die schon bei der Anlage des Hafens mit umschlossen wurde, niemals beseitigt ist, und seit

jener Zeit gewifs an Höhe, vielleicht auch an Breite zugenommen hat.

Wenn es sich fragt, was man thun kann, um einem bereits bestehenden sehr engen Hafen die nöthige Breite zu geben, damit er im Stande ist, eine gröfsere Anzahl von Schiffen aufzunehmen, so hilft man sich meist damit, dafs man ausgedehnte Bassins zur Seite eröffnet, und dieses rechtfertigt sich besonders in solchem Falle, wenn ein bedeutender Fluthwechsel statt findet, und man jedes dieser Bassins durch eine Schleuse sperrt, und darin den hohen Wasserstand der vollen Fluth zurückhält, also das Bassin in ein sogenanntes Dock, oder in einen Flotthafen verwandelt. Andrerseits ist es aber von grofser Wichtigkeit, dafs unmittelbar neben der Mündung schon Schiffe liegen können, die entweder hier nur Schutz suchen, oder die zum Ausgehn bereit sind und günstigen Wind abwarten. Um hierzu Gelegenheit zu bieten, bleibt nur übrig, einen oder beide Hafendämme in angemessener Weise zurückzulegen. Wenn dabei aber zugleich der nöthige Schutz gegen Wellenschlag den Schiffen geboten werden soll, so mufs die Mündung bedeutend enger, als der Hafen sein, es müssen daher an jene Hafendämme Flügel angebaut werden, die einander gegenüber vortreten. Die Verengung der Mündung ist aber auch insofern nothwendig, als dieselbe eine kräftige Strömung behalten mufs, um immer offen zu bleiben. Dafs im breiten Hafen Versandung oder Aufschlickung erfolgt, ist gemeinhin nicht zu vermeiden, aber diese kann man immer durch Baggern beseitigen, was in der Mündung selbst wegen des Wellenschlages nicht möglich ist.

Man mufs auch den Umstand berücksichtigen, dafs, wenn die Küste der Versandung oder dem Antreiben von Kies sehr ausgesetzt ist, der Strand nach und nach weiter vortritt, und sobald er die Hafenmündung erreicht hat, so ist diese in hohem Grade der Gefahr ausgesetzt, während heftiger Stürme in der kürzesten Zeit verschüttet zu werden. Zuweilen bleibt alsdann nichts übrig, als die Hafenmündung wieder weiter herauszuführen. Die beiden Seitendämme müssen alsdann verlängert und mit neuen Flügeln an ihren Enden versehn werden. Die alten Flügel, die in diesem Falle sehr störend sein würden, mufs man beseitigen, dies wird aber dadurch wesentlich erleichtert, dafs es im Innern des Hafens geschieht, wo man also gemeinhin ruhiges Wasser hat und

ber Maschinen jeder Art und selbst Taucher-Apparate benutzen
ın. Es empfiehlt sich jedoch, in allen Fällen, wo solche spätere
ıderungen zu besorgen sind, die Flügel in solcher Weise auszu-
ren, dafs sie unbeschadet der erforderlichen Widerstandsfähigkeit
glichst leicht und bequem wieder entfernt werden können. Man
l daher vorzugsweise Anschüttungen von grofsen Steinen zu ver-
den haben. Ein Project dieser Art entwarf John Rennie bereits
Jahre 1810 für den kleinen Hafen Whitehaven in Sussex, der
ch den vorbeitreibenden Kies bei jedem starken Sturme gesperrt
de. Der Vorschlag ist jedoch nicht ausgeführt worden, weil die
ıigen Geldmittel zur Darstellung der langen Hafendämme nicht
chafft werden konnten.

Manche unserer Ostseehäfen dürften kaum anders behandelt
den können, wenn sie dauernd bequem bleiben sollen. Vorschläge
er Art sind auch bereits gemacht worden, aber die bisherige
hode, wonach die engen Mündungen nach Bedürfnifs immer wei-
verlängert, also die Häfen mit schmalen Hälsen von über-
siger Länge versehn werden, findet noch eifrige Verfechter, und
rifs ist dieses auch das wohlfeilste Mittel, wenn man nur das
genblickliche Bedürfnifs berücksichtigt und die grofsen und immer
hr hervortretenden Uebelstände unbeachtet läfst, die dabei ganz
vermeidlich sind. Man wird indessen, wenn man auch die Mög-
ıkeit zur Verlängerung des gehörig verbreiteten Hafens nach dem
rstehenden Vorschlage in Aussicht nimmt, doch immer bemüht
n müssen, diese Verlängerung entweder ganz entbehrlich zu ma-
en, oder den Zeitpunkt, wo sie nöthig wird, möglichst weit
rauszuschieben. Hierzu dienen vorzugsweise die Anlagen, durch
lche der Sand oder Kies schon in der nöthigen Entfernung von
m Hafen am Strande aufgefangen und festgelegt wird (§ 26). Der
ünenbau steht hiernach in der innigsten Verbindung mit dem
ıfenbau.

Um ein Beispiel dafür anzuführen, dafs man sehr enge Hafen-
ündungen bereits beseitigt und in ausgedehnte Bassins verwandelt
t, mag der in Fig. 100 gezeichnete Hafen Lowestoft erwähnt wer-
n, der im Norden der Themse-Mündung belegen, an dem Ufer
n Suffolk auf dem Punkte ausgeführt ist, der sich an der ganzen
ıglischen Küste am weitesten nach Osten erstreckt. Es existirte
üher hier gar kein Hafen, auch keine Flufsmündung, doch befand

sich dicht hinter dem Strande ein kleiner Binnensee, der See L
ing*) benannt, der etwa eine halbe Deutsche Meile lang war.
Cubitt's Vorschlag wurde in den Jahren 1827 bis 1829 diese
mit einer neuen Ausmündung versehn, und letztere bildete de
fen, der jedoch nur 150 Fufs breit war, und worin Schiffe bis
10 Fufs Tiefgang selbst bei niedrigem Wasser liegen sollten
Figur zeigt in den punktirten Linien diese ältere Anlage. A
tern Ende des Hafens befand sich eine Spülschleuse, welc
kleinem Wasser und namentlich zur Zeit der Springfluthen de
fen seine Tiefe erhalten sollte, indem jener See, der bei Ho
ser gefüllt wurde, als Spülbassin diente. Der Fluthwechsel
bei Voll- und Neumonden nahe 10 Fufs.

Wenn diese Anlage auch für einen beschränkten Verke
sehr nützlich erwies, so stellte sie sich doch bald als nich
gend heraus. Die geringe Räumlichkeit im Hafen, seine se
fsige Tiefe, und der heftige Wellenschlag bei Ostwinden fo
dringend eine Verbesserung, die auch wenige Jahrzehende
als die Eisenbahn nach Norwich und Yarmouth erbaut wur
Ausführung kam. Die alten Hafendämme wurden beseitigt, u
für ein weiter Vorhafen von 110 Ruthen Länge und 55
Breite angelegt, dessen nach Südost gerichtete Oeffnung auf
Tiefe bei Niedrigwasser in Springfluthen lag und 150 Fufs w
Indem man bis zu dieser Tiefe herausging, so glaubte ma
spätere Verflachung nicht besorgen zu dürfen und demnach d
lung entbehren zu können. Ob diese Hoffnung sich erfülle
steht freilich dahin, man verwandelte aber jene Spülschleu
dem See in eine Dockschleuse und dadurch wurde der See
nem geräumigen Binnen- oder Flotthafen umgebildet, in w
der Stand des Hochwassers zurückgehalten wird.

Ein andres sehr wichtiges Erfordernifs eines Hafens
sich darauf, dafs seine nächsten Umgebungen dem öffentlich
kehr frei gestellt bleiben, oder dafs **breite Kais** ihn u
müssen, auf welchen das Aus- und Einladen, das zeitweise
len und Lagern von Producten und Gütern, so wie auch d
fahren und Beischaffen derselben mit gewöhnlichem Fuhrwer

*) John Rennie, the theory, formation and construction of British an
Harbours. London 1854. p. 283.

ıbahnen bequem statt finden kann. Es ist unglaublich, wie
Rücksicht bis zur neusten Zeit ganz unbeachtet geblie-
dadurch der Verkehr auf die empfindlichste Weise in man-
en erschwert ist. Es giebt Häfen, die ihrer Wassertiefe
nach von viel gröfserer Bedeutung sein könnten, wenn
einkommenden Schiffe auf ganz kurze Ladestellen be-
wären und daher lange Zeit warten müfsten, bis sie hier
lürfen. Die Privat-Speculation hat diese Rücksichtslosig-
ıch sehr vortheilhaft zu benutzen gewufst, und indem die
ılegestellen verkauft wurden, so sind manche Häfen, ob-
Unterhaltung aus Staats- oder Communalfonds erfolgen
dieser Weise thatsächlich Privathäfen geworden. Auch an-
;en und namentlich die fortificatorischen entziehn nicht sel-
und wichtige Theile der Umgebungen des Hafens dem
ganz.

leicher Weise, wie für den Verkehr in Betreff der Waaren
r, mufs auch für einen bequemen Ballast-Betrieb im
afen gesorgt werden. Dieser ist jedoch sehr verschieden,
m die commerciellen Verhältnisse entweder eine überwie-
nfuhr oder Ausfuhr bedingen. An der Mündung der Tyne
ı hohe Berge von Ballast aufgethürmt, weil die meisten der
kommenden Schiffe leer, also in Ballast einlaufen, um Koh-
den. In London dagegen ist die Einfuhr überwiegend, und
e müssen daher Ballast daselbst einnehmen, der unaufhör-
der Themse gebaggert wird. In unsern gröfseren Seehäfen
früherer Zeit der Ballast sehr stark sich anzuhäufen, wäh-
enwärtig nicht selten Mangel daran sich einstellt. In Swi-
werden zur Beschaffung desselben bereits benachbarte Dü-
graben und zur bequemen Herbeiführung des Sandes ist
debahn erbaut. Jedenfalls müssen die Ballastplätze im
lbst und nicht zu weit von den Ladeplätzen für den ge-
en Verkehr entfernt eingerichtet sein, da manche Schiffe so
l, dafs sie ganz leer nicht sicher schwimmen, und daher in
ustande nicht weit verholt werden können.

sonstigen Erfordernisse eines Seehafens dürfen hier nur mit
orten erwähnt werden, da die betreffenden Anlagen theils
ı Hafenbau gehören, theils aber im Folgenden ausführlicher
deln sind.

Zunächst sind die verschiedenen Vorrichtungen zum Befestigen der Schiffe zu erwähnen, und zwar eben sowol, wenn diese frei im Hafen, oder unmittelbar an den Ufereinfassungen sich befinden. Im ersten Falle sind vorzugsweise die Buoyen von Wichtigkeit. Diese bestehn aus Tonnen, oder noch besser aus großen und flachen eisernen Cylindern, die auf dem Wasser schwimmen, und mittelst starker Ketten gehalten werden. In früherer Zeit benutzte man zu ihrer Befestigung schwere und zwar einarmige Anker, die also nicht über die Sohle des Hafens vorragten, folglich auch nicht besorgen liefsen, dafs etwa ein Schiff dagegen stofsen könnte. Gegenwärtig werden die Ketten meist an kurze und breite Grundschrauben aus Eisen befestigt, die unter der Sohle bleiben. Aufserdem sind auch vielfach die sogenannten Duc d'Alben im Gebrauche. Sie bestehn aus mehreren schräge eingerammten Pfählen, deren Köpfe über Wasser zusammenstofsen und durch Bolzen oder scharf aufgetriebene Ketten mit einander verbunden sind.

Zum Befestigen der Schiffe auf dem Ufer werden auf Letzterm Schiffshalter gestellt, die meist nur aus starken Eichen-Stämmen bestehn, deren Befestigung jedoch mit grofser Vorsicht erfolgen mufs, damit sie bei heftigen Winden nicht durch den Zug der Ketten oder Taue umgerissen werden. Aufserdem sind diese Pfähle auch sehr vergänglich und bedürfen daher einer häufigen Erneuerung. Ist der Hafen mit massiven Mauern eingefafst, so werden in dieser Schiffsringe angebracht, und statt jener Pfähle gufseiserne Cylinder aufgestellt. Man verwendet dazu in vielen Fällen alte unbrauchbare eiserne Kanonen, die mit ihrer Mündung auf starken eingemauerten Zapfen stehn.

Aufserdem mufs dafür gesorgt werden, dafs die Schiffe beim Wellenschlage nicht gegen die Mauern reiben, woher die letzteren mit vortretenden Reibehölzern in geringen Abständen versehn sind. Gröfsere Schiffe werden auch, besonders wo einiger Fluthwechsel statt findet, gegen lange Rahmen gelehnt, deren eine Seite beim Steigen und Fallen des Wassers sich mit dem Schiffe hebt und senkt, während die andre vor den Schiffshaltern auf dem Ufer liegt.

Demnächst sind die Krahne und sonstigen Anstalten zu erwähnen, womit besonders schwere Stücke in die Schiffe, oder aus

denselben gehoben werden. Für mäfsige Lasten genügt der auf den Schiffen selbst leicht anzubringende Ladebaum, der den grofsen Vortheil bietet, dafs das Schiff nicht vor den Krahn gelegt zu werden braucht, es vielmehr an jeder beliebigen Stelle des Kais löschen oder die Ladung einnehmen kann. Kommt es darauf an, in der möglichst kürzesten Zeit die Schiffe abzufertigen, wie dieses in den Englischen Docks vielfach der Fall ist, so kann der Armstrongsche Wasserkrahn kaum noch entbehrt werden, der den grofsen Vorzug vor Dampfkrahnen hat, dafs seine Kraft in jeder beliebigen Zeit disponibel, und dabei so grofs ist, dafs er mit bewundernswürdiger Geschwindigkeit die Lasten sowol hebt, als auch seitwärts bewegt.

Wo starker Kohlenverkehr besteht, der sich in Folge der Dampfschiffahrts-Verbindungen immer mehr über alle Häfen ausdehnt, werden besondere Vorkehrungen zum schnellen Verladen der Kohlen nothwendig.

Von besonderer Wichtigkeit ist es für jeden Hafen, dafs die Schiffe darin mit Allem, was zur Fortsetzung oder zum Beginne der Fahrt nothwendig ist, versehn werden können. Indem aber bei frequentem Verkehr die Anfuhren aus der nächsten Umgebung nicht genügen, so müssen bequeme Wasser- oder Eisenbahnverbindungen mit dem Binnenlande eröffnet sein, die auch dazu dienen, die aus- oder eingehenden Güter leicht beizuschaffen oder weiter zu führen.

Unter den Gegenständen zur Ausrüstung der Schiffe für längere Fahrten ist vorzugsweise das Wasser zu berücksichtigen. In jedem Hafen mufs süfses Wasser, und zwar solches, das sich lange Zeit hindurch frisch erhält, leicht zu beschaffen sein. Wo Flüsse ausmünden und kein bedeutender Fluthwechsel statt findet, ist diese Bedingung leicht zu erfüllen, anders verhält es sich aber in denjenigen Häfen, die nicht an Strom-Mündungen liegen, noch auch von höherem Terrain umgeben sind. Alsdann müssen aus gröfseren und oft aus meilenweiten Entfernungen reiche Quellen herbeigeführt werden. Es ist aber vortheilhaft, diese in Röhrenleitungen unter den Kais rings um den Hafen zu führen und sie vorher so hoch zu heben, dafs man an die Ausgufsöffnungen nur Schläuche anzuschrauben braucht, um die Fässer und Tanks auf den Schiffen unmittelbar mit Wasser zu füllen. In Bremerhaven ist diese Einrichtung

bereits seit mehreren Jahren getroffen, indem auf der Geest ohnfern Bremerlehe die Quellen gesammelt und sogleich in ein hoch belegenes Bassin gehoben werden, aus dem sie unter starkem Drucke etwa eine halbe Meile weit bis zum Hafen geführt werden.

Obwohl bei lebhaftem Schiffsverkehr Anlagen dieser Art sich vollständig zu verzinsen pflegen, so scheut man doch vielfach die Kosten der ersten Einrichtung und begnügt sich sogar zuweilen mit dem Regenwasser, das von den Dächern einzelner Gebäude und Höfe in Cisternen aufgefangen wird. Dieses geschieht unter andern in Cuxhaven, wo freilich das Bedürfnifs weniger erheblich ist, weil die daselbst einlaufenden Schiffe nur bei ungünstiger Witterung Schutz suchen, oder den Abgang des Eises der Elbe abwarten, also nicht leicht den Wasserbedarf für weite Reisen hier aufzunehmen brauchen.

Ferner sind Anlagen zum Ausbessern der Schiffe ein dringendes Bedürfnifs für jeden Hafen. Kommt es nur darauf an, die Fugen in geringer Tiefe unter Wasser zu dichten, so braucht das Schiff nur wenig seitwärts geneigt oder gekrängt zu werden, und hierzu bedarf es keiner kostbaren Anlagen. Anders verhält es sich, wenn der ganze Rumpf des Schiffes gereinigt und bis zum Kiel herab alle Fugen gedichtet, auch wohl schadhafte Planken durch neue ersetzt werden sollen. In Häfen, die keinen Fluthwechsel haben, hilft man sich in solchem Falle gemeinhin damit, dafs man das Schiff kielholt, oder es soweit auf die Seite legt, dafs sein Kiel über Wasser tritt. Dabei wird indessen das Schiff ohnerachtet der darauf angebrachten Absteifungen, dennoch sehr angegriffen. Aufserdem ist das Umlegen eine mühsame und zeitraubende Operation und man bedarf sehr fester Kielbänke, weil sonst das Schiff diese aushebt und sich von selbst wieder aufrichtet. Hierzu kommt endlich noch, dafs bei mäfsigem Wellenschlage und selbst beim Vorbeifahren eines Dampfbootes sowol das Schiff selbst, als auch die auf einem davor liegenden Flofse befindlichen Arbeiter einer nicht geringen Gefahr ausgesetzt sind, weil bei der Erschütterung die Taue leicht brechen oder die Kielbank nachgiebt.

Sobald gründliche Reparaturen vorgenommen werden sollen, mufs daher das Schiff ganz aus dem Wasser gebracht werden. Wo keine andern Einrichtungen für diesen Zweck bestehn, windet man das Schiff mittelst Erdwinden und Flaschenzüge auf die Hellinge, oder die geneigten Flächen auf, von denen neu gebaute Schiffe in

das Wasser herabgelassen werden. Zur Erleichterung dieser Operation stellt man auch die Schiffe auf ausgedehnte Rüstungen, die mittelst einer grofsen Anzahl von Rädern auf Eisenbahnen ruhen. Solche Rüstungen werden auf der Patent-Slips so tief unter das Wasser herabgelassen, dafs das Schiff, während es noch schwimmt, auf dieselben sich aufstellt und daran befestigt werden kann. Endlich erleichtert man in solchen Häfen, die keinen Fluthwechsel haben, das Aufwinden der Schiffe noch dadurch, dafs jene Hellinge auf dem Ufer einige Fufs tief unter Wasser herabgeführt und, nachdem das Schiff darin ist, wasserdicht abgeschlossen und ausgepumpt werden. Andrerseits kann man die Schiffe auch zwischen starken Rüstungen mittelst hydraulischer Pressen senkrecht aus dem Wasser heben, oder dieses geschieht, indem grofse mit Wasser gefüllte Kasten von Holz oder Eisen darunter gebracht werden. Beim Auspumpen heben sich diese mit dem darauf stehenden Schiffe. Dieses sind die schwimmenden Docks, die in neuster Zeit vielfach Anwendung gefunden haben.

In Häfen, die dem Fluthwechsel unterworfen sind, darf das Krängen und Kielholen der Schiffe nicht vorgenommen werden, auch finden dort die schwimmenden Docks keine passende Anwendung. Eben so wird auch in den daselbst eingerichteten geschlossenen Bassins oder Flotthäfen von diesen Vorrichtungen nicht leicht Gebrauch gemacht, weil durch den wechselnden Wasserstand die Trokkenstellung der Schiffe aufserordentlich erleichtert wird. So sah ich einst eine grofse Brigg, deren Tiefgang etwa 12 Fufs betrug, beim Beginn der Ebbe auf eine sehr ebene Fläche an der Westseite des Cherbourger Handelshafens sich aufsetzen. Dieselbe wurde sogleich auf beiden Seiten durch starke Bäume abgestützt und sobald das Wasser sank und die Planken nach und nach hervortraten, wurde die Reinigung sogleich begonnen, und die Wasserpflanzen und Muscheln, die sich angesetzt hatten, mit dem Kratzeisen abgeschabt. Als endlich noch vor dem Eintritt des niedrigsten Wassers das Schiff bis auf den Kiel sichtbar wurde, war die Reinigung bereits beendigt und man zündete nunmehr auf beiden Seiten Haufen von Reisig an, um den Rumpf zu erwärmen und ihn dadurch an der Aufsenfläche etwas abzutrocknen. Beim Anfange der Fluth wurde neben dem Kiele das Anstreichen mit heifsem Theer begonnen und dieses so schnell rings umher fortgesetzt, dafs

alle Planken gestrichen waren, bevor das Wasser sie erreichte. In dieser Weise hatte man ohne Benutzung irgend einer baulichen Anlage in der kurzen Zeit einer einzigen Fluthperiode den ganzen Körper des Schiffes gereinigt und mit frischem Theeranstriche versehn.

Auch bei der Anwendung der Hellinge und jener mit Eisenbahnen versehenen Slips bietet der Wasserwechsel wesentliche Erleichterungen, vorzugsweise wird aber in solchem Falle das Trokken-Dock benutzt, das bei allen Reparaturen von Schiffen, und namentlich von grofsen Schiffen, die gröfste Bequemlichkeit, so wie auch andre wesentliche Vorzüge bietet. Es hat in seiner Anordnung und Construction grofse Aehnlichkeit mit einer Schiffsschleuse, die jedoch an der Landseite mit keinem Ausgange versehn ist, indem die beiden Seitenmauern hier in einem Bogen sich vereinigen und das Bassin vollständig abschliefsen. Das Dock liegt in solcher Höhe, dafs zur Zeit des Hochwassers das auszubessernde Schiff hineingebracht werden kann, und hinter ihm wird sogleich die Eingangs-Oeffnung durch Stemmthore, oder wie gegenwärtig allgemein geschieht, durch ein passend geformtes schwimmendes Ponton abgeschlossen. Canäle, die in dem letzteren oder in den Seitenmauern angebracht sind, leiten beim Eintritt der Ebbe das Wasser ab, und indem sie später geschlossen werden, so lassen sie die folgenden Fluthen während der ganzen Dauer der Reparatur nicht eindringen. Wo der Fluthwechsel sehr bedeutend ist, entleert sich während der ersten Ebbe das ganze Dock, ohne dafs dazu noch Pumpwerke benutzt werden dürften. Dieser Fall ist jedoch nicht der gewöhnliche, vielmehr ist gemeinhin noch eine Dampfmaschine daneben aufgestellt, die das zurückbleibende Wasser ausschöpft.

Die festen Mauern eines solchen Docks sind bei Reparaturen grofser Schiffe, und namentlich der Kriegsschiffe, von besonderer Wichtigkeit. Man legt daher trockne Docks auch in solchen Häfen an, wo der Fluthwechsel nur unbedeutend ist, wie etwa im Hafen Nieuwen-Diep, oder wo dieser auch ganz fehlt, wie in Carlscrona. Jedes Schiff ist nämlich gewissen Formveränderungen unterworfen, welche durch die darauf wirkenden Kräfte bedingt sind, und das grofse erleidet diese in viel gröfserem Maafse, als das kleinere, weil sein innerer Zusammenhang vergleichungsweise geringer ist. So lange es schwimmt, ist es dem sehr bedeutenden Drucke des um-

gebenden Wassers ausgesetzt, dieser hört aber auf, sobald es im Trocknen steht, und die Seitenwände weichen alsdann aus, soweit die innere Verbindung es gestattet. Dieser nachtheiligen Formveränderung kann man nur durch kräftige Verstrebung begegnen. Das schwimmende Dock bietet hierzu wenig Gelegenheit, weil es an sich nicht die nöthige Steifigkeit hat. Das auf dem Helling stehende Schiff kann zwar abgesteift werden, aber dieses ist nur möglich, nachdem es bereits heraufgewunden ist. Während des Aufwindens, also während der Zeit, wo die Formveränderung schon eintritt, läfst sich diese nicht verhindern. Nur wenn das Schiff zwischen starken Seitenmauern nach und nach dem Gegendrucke des Wassers entzogen wird, bietet sich Gelegenheit, durch vielfache Absteifung gegen diese Mauern diejenige Form zu erhalten, welche das Schiff, so lange es schwamm, angenommen hatte.

Man hat in früherer Zeit auch den Versuch gemacht, in den Trocken-Docks neue Schiffe zu bauen, und dieses vorzugsweise in der Absicht, um das Ablassen vom Stapel zu vermeiden, wobei die Schiffe wegen der momentan sehr ungleichförmig eintretenden Unterstützung und wegen des heftigen Stofses beim Herabfallen ins Wasser sehr angegriffen werden, und in ähnlicher Weise leiden, als wenn sie bei heftigem Wellenschlage auf den Grund stofsen. Die Erfahrung hat aber gelehrt, dafs die dumpfe und feuchte Luft in den Trocken-Docks während der langen Dauer des Neubaues dem Holze überaus nachtheilig ist, und dafs namentlich die Trockenfäule bei solchen Schiffen bald sich zu zeigen pflegt und ihre Dienstzeit oft nur auf wenige Jahre beschränkt. Hierzu kommt auch der Umstand, dafs die grofsen Kosten eines Trocken-Docks sich nicht gehörig verwerthen, wenn ein solches mehrere Jahre hindurch für einen einzigen Bau in Anspruch genommen wird.

Bei jedem Hafen mufs endlich auf die Einrichtung des Lootsen-Wesens Rücksicht genommen werden, wozu manche bauliche Anlagen, namentlich zur Unterbringung der verschiedenen zugehörigen gröfseren und kleineren Böte, der Tonnen und anderer Seezeichen u. dgl. gehören. Auch die Rettungsböte und sonstigen Rettungs-Apparate erfordern verschiedene Einrichtungen.

Eben so verlangen die Revisions-Anstalten Behufs Versteuerung der eingehenden Güter meist eine ausgedehnte Berücksichtigung. Wenn aber der Hafen mit entfernten Orten in

heifsen Climaten in directer Verbindung steht, so müssen noch besondre Stationen oder kleine Häfen für diejenigen Schiffe eingerichtet werden, welche unter Quarantaine liegen sollen.

§. 33.
Mäfsigung des Wellenschlages.

Die Frage, in welcher Weise der Wellenschlag in einem Hafen zu vermeiden sei, ist nicht leicht zu beantworten, weil zuweilen Erscheinungen eintreten, für die man zwar Erklärungen gegeben hat. die aber dennoch so unerwartet und so räthselhaft auftreten, dafs in manchen Fällen eben die Mittel. die man zur Beseitigung des Uebels in Anwendung brachte, dasselbe sogar vermehrt haben. Die Regel, dafs man die Hafenmündung nicht so legen solle, dafs sie den herrschenden und heftigsten Winden entgegen gekehrt ist, läfst sich in vielen Fällen nicht berücksichtigen, und selbst wenn dieses möglich ist, so tritt bei andern Winden wieder derselbe Uebelstand ein, und oft genug zeigt es sich, dafs auch Stürme, welche die Mündung des Hafens nicht treffen. dennoch einen heftigen Wellenschlag in demselben verursachen.

Ein sehr sicheres Mittel zur Mäfsigung des Wellenschlages besteht darin, dafs man die Weite der Mündung vergleichungsweise zur Breite des Hafens nur sehr geringe macht. Die Wellen, welche durch die erstere eintreten, nehmen alsdann eine grofse Längenausdehnung an, und hierdurch vermindert sich ihre Höhe. In diesem Falle setzt sich zwar die Wellenbewegung im ruhenden Wasser seitwärts fort, durch Mittheilung der Bewegung an eine grofse Wassermasse schwächt sich aber die Hauptwelle, die durch die Mündung eingetreten war. Diese schreitet ziemlich gleichmäfsig fort, während die Schenkel, die sich an beiden Seiten an sie ansetzen, weiter zurückbleiben. Der Kamm der ganzen Welle bildet alsdann nicht mehr eine gerade Linie, sondern eine gekrümmte, deren hohle Seite der Mündung zugekehrt ist.

Eine solche Verengung der Mündung läfst sich augenscheinlich nur in Bassinhäfen anbringen. Wenn die beiderseitigen Hafendämme dagegen in möglichst geringem Abstande parallel gerichtet sind, so kann sie nicht eingeführt werden, weil dadurch das Einlaufen der

chiffe zu sehr erschwert würde. Im Gegentheil geschieht es zuweilen, dafs man zur Bequemlichkeit der Schiffahrt die Hafendämme n ihrem äufsern Ende divergiren läfst, so dafs sich trichterförmige Oeffnungen bilden, die sich einwärts verengen. Dieses ist hne Zweifel in Betreff des Wellenschlages höchst nachtheilig, weil adurch die einlaufende Welle verstärkt wird.

Eine Anordnung dieser Art mit der trichterförmig nach innen erengten Oeffnung hatte J. Rennie für den Hafen Kingstown in rland vorgeschlagen. Die Ausführung wurde nach diesem Plane uch im Jahre 1817 begonnen, als jedoch vier Jahre darauf Rennie tarb, noch ehe der Bau beendigt war, so kam das Bedenken zur prache, ob die beabsichtigte Mündung, die nur 500 Fufs weit sein ollte, für die bei südlichen Winden einlaufenden Schiffe genügen erde. Es tritt hier nämlich der eigenthümliche Fall ein, dafs gerade bei südlichen Stürmen, also wenn das natürliche Ufer dem Hafen schon Schutz bietet, die im Canale zwischen England und Irland befindlichen Schiffe der gröfsten Gefahr ausgesetzt sind, sie önnen aber aufserhalb des Hafens nicht bleiben, weil die Mündung es Liffey, der schon bei Dublin sich erweitert, zu sehr mit Untiefen ersetzt ist und aufserdem bei Fluth und Ebbe heftige Strömungen darin sich bilden. Gewöhnlich müssen daher die Schiffe, die ier Schutz suchen, hart am Winde einsegeln und hiernach durfte ie Mündung nicht zu sehr beengt werden. Man wich deshalb von em ursprünglichen Projecte ab, welches sich in dem Zurücktreten es östlichen Hafenkopfes noch erkennen läfst, wie die Situation es Hafens Fig. 102 zeigt. Die Mündung hat die Weite von 700 'ufs Engl. erhalten.

John Rennie der jüngere tadelt in dem bereits citirten Werke ber Hafenbau diese Aenderung und sagt, die in Kingstown liegenen Schiffe seien bei östlichen Winden einer augenscheinlichen Gehr ausgesetzt. Die auf Veranlassung des Unterhauses im Jahre 846 angestellten Untersuchungen bestätigten allerdings, dafs wieerholentlich in diesem Hafen Schiffe vor den Ankern getrieben, nd theils beschädigt, theils auch zerschlagen wären. Nach der ussage des Hafenmeisters traf jedoch ein solcher Unfall niemals röfsere Schiffe, die mit Ankern und Ketten gehörig versehn waen, und nur kleinere Fahrzeuge mit unvollständiger Ausrüstung amen ins Treiben und mufsten, soweit die Vorräthe reichten, mit

schwereren Ankern und stärkeren Ketten versehn werden. Außerdem besagte derselbe, dafs der Hafen zuweilen überfüllt gewesen und sonach die zuletzt einkommenden Schiffe nicht den nöthigen Raum fanden, um das Ankertau hinreichend auslaufen zu lassen.

Auch in den vom Parlamente veranlafsten spätern Vernehmungen über Schutzhäfen (harbours of refuge) wurde im Jahre 1857 von Sachverständigen erklärt, Kingstown sei der gelungenste und ein ganz sicherer Hafen. Hiernach darf man wohl annehmen, dafs Rennie's Urtheil nicht begründet ist, und dafs dieser Hafen dem Bedürfnisse wirklich entspricht, also auch die nöthige Schwächung der Wellen darin erfolgt. Nichts desto weniger hatte Rendel im Jahre 1855 den Vorschlag gemacht, die Mündung bis auf 450 zu verengen, und zu diesem Zwecke vom westlichen Hafenkopfe aus einen Flügel in süd-süd-östlicher Richtung vorzubauen.

Die in der Figur angegebenen Tiefenlinien beziehn sich auf Niedrigwasser bei Springfluthen. Es ergiebt sich daraus, dafs in einem grofsen Theile des Hafens dauernd ein Wasserstand von 24 Fufs bleibt. Der Fluthwechsel beträgt bei Springfluthen 14 Fufs und bei todten Fluthen 8 Fufs. Es dürfte angemessen sein, zur Erklärung der Figur sogleich einige andre Mittheilungen über diesen Hafen zu machen.

Die Hafendämme sind massiv, mit breiten gepflasterten Wegen an der Binnenseite. Neben diesen befinden sich Schutzmauern, an welche die äufsere Dossirung sich anlehnt. Auf der Hafenseite steigen sie mit einhalbfacher Anlage an, so dafs Schiffe neben ihnen liegen können. Auf dem Kopfe des östlichen Dammes bei *A* steht ein Leuchtthurm. An den mit *B* bezeichneten Stellen befinden sich Treppen zum Einsteigen in Böte. Sie sind in Nischen der Mauern angebracht, treten also nicht vor die letzteren vor. *C* ist das Kai, an welches die Dampfböte anlegen, die namentlich mit Liverpool und Holyhead mehrmals an jedem Tage die Verbindung unterhalten. Dicht daneben befindet sich die Station der Eisenbahn, die nach Dublin führt. *D* ist ein Hafen für Böte, *E* das Kai für Handelsschiffe, und *F* der alte Hafendamm, der den kleinen Hafen von Dunleary nothdürftig schützte, der in früherer Zeit hier allein existirte, und jetzt durch die Eisenbahn durchschnitten wird. Das Städtchen Kingstown entstand erst mit dem neuen Hafen. Der bedeutendste Mangel bezieht sich wohl auf ein hinreichend ausgedehntes

Kai oder Werft, an welches tiefgehende Schiffe anlegen können. Ein solches ist augenscheinlich nur an der östlichen Seite zu erbauen, weil hier allein die nöthige Tiefe vorhanden ist. Vorschläge dazu sind mehrfach und unter andern auch von Rendel gemacht.

Demnächst läfst sich der Wellenschlag in einem Hafen auch dadurch schwächen, dafs man einen isolirten Damm vor die Mündung legt. Dieses Mittel ist indessen nicht nur sehr kostbar, sondern man kann dadurch auch leicht Veranlassung zu höchst gefährlichen Versandungen geben, während andrerseits dadurch die sehr wünschenswerthe Gelegenheit geboten wird, dafs die Schiffe nach der jedesmaligen Richtung des Windes beim Ein- und Aussegeln den einen oder den andern Weg wählen können, was unbedingt von grofsem Nutzen ist. Aufserdem wird hierdurch auch der von diesem Damme umschlossene Theil des Meeres geschützt, oder es wird vor dem Hafen eine Rhede gewonnen, auf der die Schiffe sicher ankern können. In der letzten Beziehung betreffen Anlagen dieser Art nicht sowol den eigentlichen Hafen, als die Rhede, und es empfiehlt sich daher, bei Gelegenheit der letzteren diese isolirten Werke, die man Wellenbrecher nennt, zu behandeln.

Am heftigsten pflegt der Wellenschlag immer in langgestreckten Häfen zu sein, die sich im Innern gar nicht oder nur wenig erweitern. Auf einige hundert Ruthen Länge setzt sich in ihnen die Bewegung fort, und selbst Krümmungen, die man darin anbringt, oder die der natürliche Flufslauf schon hatte, sind dabei von keinem merklichen Einflusse, wenn die nöthigen Abrundungen der Ufer statt finden, welche die Schiffahrt fordert.

Sehr wichtig sind in dieser Beziehung die Erfahrungen, die man in dem Hafen la Ciotat machte, der nahe in der Mitte zwischen Marseille und Toulon liegt. Derselbe ist in sofern von grofser Bedeutung, als hier die kaiserlichen Werfte für die Postdampfschiffe befindlich sind, und sowol die Herbeischaffung des Materials, als die Unterhaltung der zahlreichen Arbeiter einen lebhaften Verkehr hervorgerufen hat, der durch die Dampfschiffe noch vermehrt wird, die hier erbaut oder reparirt werden.

In der felsigen Küste, die im Allgemeinen von Westen nach Osten streicht, bildet sich eine Bucht, Baie de la Ciotat, die etwa 1 Deutsche Meile lang und ½ Meile breit ist. Dieselbe ist grofsentheils 60 und im vorderen Theile sogar über 100 Fufs tief. Auf

der westlichen Seite wird sie durch das Vorgebirge Bec de l'Aigle begrenzt, vor dem in geringer Entfernung noch die Felseninsel Ile Verte liegt. Etwa ¼ Meile im Norden von dem benannten Vorgebirge befindet sich der Hafen und das Städtchen la Ciotat. Fig. 103 zeigt die Situation des ersteren. Er wurde ursprünglich auf der Nordseite nur von den natürlichen Felsen, worauf das Fort Bérouart *A* erbaut ist, begrenzt, während der Hafendamm *B* die Schiffe vor südöstlichen Stürmen sicherte. Der nutzbare Raum hatte indessen zu geringe Ausdehnung, da nordwärts von der punktirten Linie der Hafen noch gegenwärtig nur sehr geringe Tiefe hat und die Felsen hier zum Theil sogar über das Wasser treten. Es wurde demnach ein zweiter Hafendamm *D* aufgeführt, den man etwas über die Richtungslinie des Ufers hinaustreten liefs, um das Einlaufen der Wellen bei starken südlichen Winden zu verhindern. Was die hierdurch erreichte Vergröfserung des Hafens betrifft, so zogen von dieser nur die kaiserlichen Werfte Vortheil, die zwischen den beiden erwähnten Hafendämmen bei *C* eingerichtet sind.

Obwohl durch diesen Neubau bei südlichen Stürmen die Wellen vom Hafen abgehalten wurden, so fand dieses doch nicht bei östlichen Winden statt. Die Bucht von Ciotat hat freilich, wie erwähnt, keine bedeutende Ausdehnung in östlicher Richtung, aber gerade diese Winde treten im Mittelländischen Meere mit besonderer Heftigkeit auf, und die weite Mündung *A D* mufste daher zum Theil geschlossen und gedeckt werden. Dieses geschah, indem man nunmehr den Hafendamm *A E* ausführte, der zugleich einige Felsen überdeckte, die bisher den einlaufenden Schiffen gefährlich gewesen waren.

In solcher Weise hatte man freilich den Hafen gegen die östlichen Winde geschützt, aber nunmehr liefen wieder bei südlichen Winden die Wellen sehr stark ein. Während diese früher theils auf den Klippen gebrochen und theils vor dem Hafen vorbeigegangen waren, so fing gegenwärtig der Kopf *E* sie auf und sie setzten sich mit ungeschwächter Kraft in der regelmäfsigen Concave *EA* fort, verfolgten alsdann noch eine Strecke weit das nördliche Ufer, hier trafen sie aber auf ein Felsenriff, das sie von neuem ablenkte und sie gegen das westliche Ufer trieb, wo sie gerade an der Stelle, wo die Handelsschiffe allein liegen konnten, eine so heftige Bewegung veranlafsten, dafs hier vielfach bedeutende Havarien vorkamen.

ı hier anlaufenden Wellen bewegten sich nicht nur westlich, son-
n sogar südwestlich, ihre Richtung, die vor dem Hafen nördlich
r. hatte sich also um mehr als einen Quadranten geändert.

Minard erwähnt*) zweier Vorschläge, die zur Abstellung dieses
belstandes gemacht wurden, nämlich es solle entweder dem Damme
gegenüber vom nördlichen Ufer aus noch ein andrer Damm in
n Hafen geführt, oder die Mündung *ED* durch schwimmende
ellenbrecher geschützt werden. Der letzte Vorschlag ist wirk-
h zur Ausführung gekommen, wie ich bei meiner Anwesenheit
Ciotat erfuhr, und wenn dieser Versuch auch vollständig mifs-
ückt ist, so dürfte eine nähere Bezeichnung desselben sich doch
chtfertigen, insofern ähnliche Vorschläge sehr häufig auftauchen.
or etwa 20 Jahren reiste ein Engländer mit grofsen Modellen von
hwimmenden Wellenbrechern umher und versuchte, seinen Erfin-
ıngen im Auslande Eingang zu verschaffen. Das Wesentliche da-
ɜi war, dafs eine grofse Anzahl von Hölzern durch den damals
fundenen Seeleim (marin glue) zusammengeklebt vor den Hafen-
ündungen an starken Ankerketten schwimmen sollten. Dafs die-
lben, wenn sie tief herabreichen und hinreichende Längen-
usdehnung haben, den Wellenschlag mäfsigen würden, leidet wohl
einen Zweifel, da dieses schon hinter grofsen Schiffen in auffallen-
er Weise geschieht. Die Schwierigkeit, dieselben so zu befestigen,
afs sie beim Gegenschlage der Wellen, von denen sie sogar auf
er langen Seite getroffen werden, nicht forttreiben, mufste sich in-
essen wohl sogleich herausstellen, auch mufste man bei der Ver-
änglichkeit des Materials auf sehr grofse Beschädigungen in kurzer
eit sich gefafst machen. Nichts desto weniger ist hier dennoch
n Versuch damit gemacht worden. Es wurden grofse Balken von
Meter Querschnitt und 20 Meter Länge gebildet. Ob jener Leim
abei angewendet worden, konnte ich nicht erfahren, mir wurde
ur erzählt, dafs eine grofse Menge eiserner Bolzen dabei benutzt
ei. Diese Balken sollten so schwimmen, dafs die Diagonalen ih-
er Querschnitte vertikal und horizontal gerichtet waren. Zu die-
em Zwecke wurden auf eine Kante in geringem Abstande eine
Ienge Querbalken von gewöhnlichen Dimensionen eingelassen und

*) Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer, par
I. Minard. Paris 1846. pag. 28.

durch Bolzen befestigt, wie Fig. 104, *a* und *b* im Durchschnitte und in der Seitenansicht zeigt. Zwölf Stück solcher Flöfse wurden nach Fig. 105 in zwei Reihen ausgelegt, so dafs die Zwischenräume der einen Reihe durch die Flöfse der andern gedeckt wurden. Die punktirten Linien bezeichnen die Ketten, die theils die Flöfse unter sich und theils mit schweren Ankern verbanden. Jedes Ende eines jeden Flofses war durch drei Ketten gehalten.

1846 legte man die Flöfse aus, eine Schwächung des Wellenschlages war nicht zu bemerken, aber wohl gaben bei dem ersten Sturme die Anker nach, auch zerrissen einige Ketten, und es machte nicht wenig Mühe im Frühjahre 1847, die Wellenbrecher wieder an ihre Stelle zu bringen und gehörig zu befestigen. Im nächsten Winter wurde dagegen Alles zerstört, und die Flöfse trieben theils fort, theils strandeten sie in der Nähe, dabei zerbrachen sie aber in mehrere Stücke. Letzteres war vorzugsweise durch den Seewurm veranlafst, der in diesen Holzmassen zu einer bisher ganz unbekannten Gröfse sich ausgebildet hatte. Man fand einzelne Würmer, die einen Daumen stark und 2 Meter lang waren. Jedes Flofs mit zugehörigen Ketten hatte 26000 Frcs. gekostet.

Der von Minard erwähnte Hafendamm, der am nördlichen Ufer aus, dem Damme *B* entgegentreten sollte, ist nicht zur Ausführung gekommen, dagegen hat man an den südlichen Hafenkopf *D* noch den gekrümmten Flügel *DF* angebaut, der das Einlaufen der Wellen bei südlichen Winden verhindert, also dem Hafen gegenwärtig die nöthige Sicherheit wirklich giebt. Die Mündung ist nunmehr 287 Fufs breit. Die Tiefe darin mifst 18½ Fufs, im Hafen selbst dagegen nur 14½ Fufs. Die Einfahrt wird durch zwei rothe Feuer auf beiden Köpfen *E* und *F* bezeichnet. Ein höherer Thurm, der früher als Küstenfeuer diente, steht im Norden des Punktes *A*, man benutzt denselben aber nicht mehr, weil es vorgekommen ist, dafs ein Schiff zwischen diesem und dem Feuer *E* die Mündung suchte und dabei strandete. Als ich im Jahre 1857 dort war, hatte man angefangen, die im Hafen liegenden Felsbänke zu sprengen und die dazwischen liegenden Kiesmassen durch Baggern zu entfernen.

Zuweilen treten die Wellen sehr stark in Häfen ein, wenn auch die Mündungen derselben vom Winde gar nicht getroffen werden. Minard führt eine Anzahl von Beispielen an, dafs Häfen an der Französischen Küste einem heftigen Wellenschlage ausgesetzt wer-

wenn der Wind, der denselben veranlafste, parallel zum
r gerichtet ist, oder sogar über das letztere in den Hafen tritt.
Erscheinung darf nicht befremden, denn wenn die Wellen auch
ler Mündung des Hafens vorbeistreichen, ohne ihn zu treffen,
afs dennoch, so oft ein oberer Scheitel der Welle vorübergeht,
grofse Wassermasse in den Hafen hineinstürzen, und sie wird
r mit gleicher Heftigkeit ausfliefsen, wenn ein unterer Wellen-
tel davor liegt. Berücksichtigt man dabei noch, dafs der Druck
ler einen oder der andern Seite sich jedesmal bis auf den
d fortsetzt, so sind in solchem Falle die Verhältnisse sehr ge-
lieselben, wie in der Wellenrinne, in welcher ich durch Hin-
Herstofsen der Scheibe die Wellenbewegung veranlafste (§ 3).
t jedoch sehr zu bezweifeln, ob in irgend einem der Fälle,
e Minard anführt, die Wellen wirklich parallel zur Küste sich
gten, so dafs ihre Kämme normal gegen die letztere gerichtet
ı. Jedenfalls wäre dieses nur möglich, wenn die Küste aus
grofser Tiefe sich ganz steil erhebt, und selbst alsdann möchte
ıige Theil der Welle, der sich neben dieser befindet, doch ei-
Verzögerung erleiden, wodurch die Richtung der Bewegung
lert wird. Vor Ufern, die eine flache Dossirung unter Wasser
ı, oder wo ausgedehnte Untiefen noch davor liegen, werden
nal, wie schon früher (§ 1) erwähnt, die Wellen sowol in der
ung ihres Kammes, als in der ihrer Bewegung, in der auffal-
ten Weise verändert. Wenn ein heftiger Wind in der Rich-
eines solchen Ufers weht und daher in der offenen See die
ın gleichfalls derselben folgen, so wird man am Ufer selbst
ı doch niemals bemerken, vielmehr sieht man immer, dafs die
ne der Wellen beinahe parallel zum Ufer, also dafs die fort-
tende Bewegung der Wellen beinahe normal gegen das Ufer
ıtet ist. Dieses erklärt sich dadurch, dafs die Geschwindigkeit
Vellen innerhalb gewisser Grenzen durch die Wassertiefe be-
ist, und hierzu kommt noch, dafs ohne Zweifel auch der Wind
die Nähe des Ufers geschwächt wird. Aus beiden Ursachen
der Kamm jeder Welle in der Nähe des Ufers immer mehr
k gegen die weiter entfernt liegenden Theile desselben Kam-
bis er endlich eine Krümmung annimmt, die nahe einen Qua-
en umfafst. Mit Rücksicht auf diese Erscheinung, die ohne
fel bei der Mehrzahl der von Minard angeführten Beispiele

gleichfalls eintritt, insofern dieselben sich meist auf flache Ufer beziehn, die bei der Ebbe auf grofse Breiten trocken werden, braucht man auf jene Erklärung über die seitliche Fortsetzung der Wellen gar nicht zurückzugehn. Die Wellen werden vielmehr nahe in derselben Weise in den Hafen eintreten, als wenn der Wind der Mündung zugekehrt wäre. Es ergiebt sich aber, dafs auch in diesem Falle Einbaue oder Steindämme, die man auf der Windseite vor der Mündung des Hafens ausführt, den nächsten Theil des Wellenkammes abhalten und dadurch die Bewegung im Hafen schwächen. Ihre Wirkung ist aber jedesmal um so gröfser, je länger sie sind.

Mit den von Minard erwähnten Erscheinungen steht der Wellenschlag in naher Beziehung, den man in neuerer Zeit in dem Hafen von Pillau bemerkt. Die Mündung dieses Hafens befindet sich in dem nördlichen Ufer des Tiefes, welches das Frische Haff mit der Ostsee verbindet. Es tritt jedoch kein Hafendamm vor das Ufer vor, vielmehr bleibt die Mündung hinter demselben noch zurück. Bei westlichen Stürmen setzten die Wellen aus der See sich zwar immer bis in das Tief fort, doch verloren sie beim Uebergange über die Untiefen so sehr an Kraft, dafs sie den Hafen nicht beunruhigen konnten. Bei starken südlichen Winden traten jedoch in früherer Zeit die Wellen aus dem Elbinger Haff in ihn ein, und belästigten so sehr die darin liegenden Schiffe, dafs im Jahre 1829 von der östlichen Seite ein Flügel herausgebaut wurde, der die Mündung bis auf das äufserste zulässige Maafs beengte. Die Klagen über Wellenschlag im Hafen hörten nunmehr vollständig auf, bis im Frühjahre 1854 bei der ungewöhnlich starken Entwässerung des Frischen Haffes, das durch die Nogat die ganze Weichsel aufnahm, ein sehr tiefes Fahrwasser sich vor Pillau bildete. In früherer Zeit hatte man selten 12 Fufs im Seegatt gehabt, damals vertiefte sich dasselbe auf 25 Fufs. Eine Folge davon war aber die verstärkte und, wie gesagt wird, sogar gefährliche Wellenbewegung im Hafen zur Zeit der westlichen Stürme. Die Wellen aus der See laufen jetzt in bedeutend gröfserer Höhe, als bisher, in das Tief ein, indem sie aber an dem nördlichen Ufer des letzteren vorbeistreichen, das eine grofse Tiefe vor sich hat und mit einem steilen Bohlwerk eingefafst ist, so verursachen sie in der Hafenmündung diejenigen abwechselnden Schwingungen, welche die Wellenbildung hier veranlassen. Diese seitliche Uebertragung des Wellenschlages hat sich

[illegible] auch hier sehr auffallend gezeigt, seitdem die vorbeilaufenden Wellen stärker geworden sind.

In manchen Häfen giebt es einzelne Stellen, wo eine sehr [illegible]ke Wellenbewegung sich zeigt, ohne dafs man gleich hohe Wel[illegible] bemerken kann, die von der Mündung aus sich hieher bewe[illegible]. Dieses sind sehr kurze Wellen, die aufserdem noch die Eigenthümlichkeit haben, dafs sie sich nicht seitwärts bewegen, vielmehr ohne ihre Stelle zu verändern, sich nur abwechselnd heben und senken. Ohne Zweifel hängt diese Erscheinung mit derjenigen zusammen, die Weber in elliptischen Gefäfsen beobachtete, die mit Quecksilber gefüllt waren. Wenn in den einen Brennpunkt ein Tröpfchen herabfiel, so liefen die niedrigen concentrischen Wellen wieder dem zweiten Brennpunkte zu, und indem sie sich hier vereinigten, so schwollen sie zu einer viel gröfseren Höhe an (§ 1). Hätte ein Hafen ganz regelmäfsig die Form einer Parabel, so würden die parallel zur Achse einlaufenden Wellen sich in dem Brennpunkte vereinigen und hier eine sehr grofse Höhe erreichen. Es kann aber auch bei unregelmäfsiger Form leicht geschehn, dafs von mehreren Uferstellen aus die Wellen nach demselben Punkte hin zurückgeworfen werden, und daher hier eine ähnliche Erscheinung sich zeigt.

Um die Wellen im Hafen zu mäfsigen, hat man zuweilen eine eigenthümliche Vorkehrung angewendet, die man namentlich in einigen Französischen Häfen am Canale ausgeführt hat. Die Erfindung rührt von dem älteren Lamblardie her, und besteht darin, dafs an geeigneten Stellen die Hafen-Einfassung durch ein Pfahlwerk gebildet wird, wozwischen freie Oeffnungen gelassen sind, durch welche die Wellen hindurchtreten können. Dieselben gelangen auf diesem Wege in Seitenbassins, denen grofse Ausdehnung gegeben wird, deren Boden aber rückwärts mit sehr flacher Böschung bis über Wasser ansteigt. Die einlaufende Welle trifft dieses durchsichtige Pfahlwerk (claire-voie), und an jedem einzelnen Pfahle findet sie einen gewissen Widerstand, der eine kleine rücklaufende Welle erzeugt. Aufserdem tritt eine starke Welle in das Bassin ein und verfolgt dasselbe bis an sein Ende. Auf dem ansteigenden Grunde schwächt sie sich aufs Neue, doch bildet sie gleichfalls eine rücklaufende Welle, die ihren Weg bis in den Hafen fortsetzt. Die verschiedenen Verluste der lebendigen Kraft, so wie auch die rück-

laufenden Wellen, die ganz zufällig die folgenden treffen, schwächen sie ohne Zweifel und gewifs geschieht dieses am vollständigsten, wenn das durchsichtige Pfahlwerk an der concaven Seite einer starken Krümmung angebracht ist.

In der gröfsten Ausdehnung findet man diese durchsichtigen Wände in dem Hafen von Dieppe, dessen Situation Fig. 106 zeigt. Zur Zeit der Springfluthen beträgt hier der Fluthwechsel 28 Fufs, das Niedrigwasser fällt alsdann so tief, dafs der Vorhafen grofsentheils trocken ist, und die Mündung sogar durch eine über Wasser liegende Bank ganz gesperrt wird. Die punktirten Linien zeigen die Grenzen des Niedrigwassers zur Zeit der Springfluthen.

Von den Spülvorrichtungen, welche die Figur zeigt, wird später die Rede sein, hier handelt es sich nur um den Wellenschlag, der um so gefährlicher ist, als die einkommenden Schiffe, während sie der vollen Wirkung desselben ausgesetzt sind, die scharfe Wendung um die vortretende Ecke D machen müssen. Diese unregelmäfsige Gestalt hat der Vorhafen dadurch erhalten, dafs er seit dem Jahre 1600 nach den jedesmaligen localen Verhältnissen, also keineswegs nach einem vorher bestimmten Plane, um 133 Ruthen verlängert worden ist. Seine Mündung war früher nahe vor der jetzigen Spülschleuse. Schon im vorigen Jahrhunderte wurde die durchsichtige Pfahlwand C ausgeführt. Dieselbe beseitigte indessen keineswegs die Uebelstände, vergröfserte sie vielmehr noch wesentlich, weil die eintretende Welle an dieser sehr engen Stelle, deren Breite nur 13 Ruthen mifst, plötzlich seitwärts abläuft, und das Schiff in einer tiefen Rinne zurückläfst, wo es bei den verschiedenartigen Bewegungen des Wassers gemeinhin die Steurung verliert. In den Jahren 1838 und 1839 wurde die wesentliche Verbesserung eingeführt, dafs man die Ecke D abgrub, sie aber dennoch in ihrer früheren Form mit durchsichtigen Pfahlwänden umgab, um die Wellen nicht mit noch gröfserer Gewalt in den hintern Theil des Vorhafens eintreten zu lassen. Gleichzeitig wurde auch der rechtseitige oder östliche Hafendamm aufs Neue verlängert und die durchsichtige Pfahlwand B nebst zugehörigem Bassin in demselben erbaut.

Wenn hierdurch die Wellenbewegung im innern Hafen sich auch etwas verminderte, so trat dennoch dicht neben der Mündung wieder dieselbe Gefahr für die Schiffe ein, wie früher neben der Ecke D, weil auch hier die Wellen nur nach einer Seite sich aus-

reiten konnten. Dieses war aber um so bedenklicher, als die chiffe in dem Augenblicke, wo sie in den Hafen einliefen, und ielleicht noch von der Küstenströmung getroffen und durch diese edreht wurden, die sichere Steurung verloren. Aus diesem Grunde urde 1857 noch neben dem Leuchtthurme *E* eine vierte durchsichge Wand bei *A* eingerichtet.

Die Construction dieser letzten Wand, die in den wesentlsten Theilen mit den ältern durchsichtigen Wänden übereinimmte, zeigt Fig. 107, *a* und *b*. Eine Bétonschüttung, die bis zum iedrigwasser der Springfluthen ansteigt, wurde zwischen Spundänden dargestellt. Der Untergrund, der etwa 12 Fufs hoch mit ies überdeckt war, bestand aus Kreide, in welche die Pfähle zwar was eindrangen, jedoch keineswegs ganz fest darin standen. Hierf ist ein 12 Fufs hohes Mauerwerk aufgeführt, welches die durchchtige Wand trägt. Letztere besteht aus einzelnen Bindern, die ı 12 Fufs Abstand von einander aufgestellt sind. Die Anordnung erselben ergiebt sich aus Fig. 107, *a*. Sie werden, ehe man sie chtet, in sich vollständig verbunden, woher ihre Aufstellung oder rneuung in sehr kurzer Zeit erfolgen kann. Zu ihrer Befestigung ienen zunächst die beiden rückwärts strebenden doppelten Zangen, ie besonders beim Gegenstofsen der Schiffe sehr in Anspruch geommen werden. Sie sind an die beiden Stiele des Binders und ufserdem an zwei Pfähle gebolzt, die hinter dem Mauerwerk durch en Kies bis zur Kreide gerammt sind. Unter sich sind die Biner zunächst durch einen über ihre Schwellen, und zwar vor die orderen Stiele, gelegten Längenbalken verbunden, der mit Spitzolzen an die Schwellen befestigt ist. Aufserdem sind in die bern Rahme drei Brückenbalken verkämmt. Eine Verstrebung nach er Länge fehlt und ist auch nicht erforderlich, weil die durchsichge Wand an beiden Enden sich gegen Mauern von derselben Höhe hnt. Ueber den Brückenbalken liegen Bohlen, und da diese zueilen von den Wellen erreicht werden, so sind sie mit weiten Fuen verlegt, und werden durch zwei andre Balken an den Seiten ehalten, die mit den darunter befindlichen durch Schraubenbolzen erbunden sind. An der Hafenseite liegt auf diesem obern Balken och ein dritter, dessen Kanten abgerundet sind. Auf diesem lieen beim Ein- und Ausholen der Schiffe die Taue auf. Gegenber befindet sich ein hölzernes Geländer.

Die Binder stehn soweit auseinander, dafs sie die hindurchlaufenden Wellen noch nicht hinreichend schwächen. In die Zwischenräume sind daher jedesmal noch zwei starke Hölzer gestellt, wie Fig. 107, *b* zeigt. Letztere lehnen sich sowol oben, als unten, gegen die bereits erwähnten Balken und sind mit beiden verbolzt.

Die Bassins hinter den durchsichtigen Holzwänden haben verschiedene Breiten. Die Zeichnung stellt ein solches von 100 Fufs Breite dar, dessen Sohle rückwärts 12 Fufs ansteigt, so dafs sie neben der hintern Mauer nur 3 Fufs unter dem Hochwasser der Springfluthen bleibt, oder die Höhe der gewöhnlichen Fluthen erreicht. Diesem Höhen- und Breiten-Verhältnisse dürften sich durchschnittlich die vorhandenen Anlagen anschliefsen. Die geneigte Fläche, auf welche die Wellen auflaufen, ist mit einem Pflaster aus roh bearbeiteten Steinen bedeckt, das auf eine Unterlage von sehr grobem Kiese möglichst dicht schliefsend versetzt und fest abgerammt ist.

§. 34.
Die Rhede.

Es ergiebt sich aus den bisherigen Mittheilungen, dafs die Häfen nicht immer für alle Schiffe zugänglich sind, dafs vielmehr entweder ein passender Wind, oder ein hinreichender Wasserstand oder auch der Anbruch des Tages abgewartet werden mufs, ehe das Schiff einkommen kann. Vielfach ereignet es sich auch, dafs die Tiefe in der Hafenmündung für die beladenen Schiffe nicht genügt und diese daher zuvor durch Lichterfahrzeuge soweit entladen werden müssen, dafs sie die Barren vor den Häfen passiren können. In allen diesen Fällen ist ein Ankerplatz vor dem Hafen nothwendig, den man die Rhede nennt. Von demselben wird aber noch vielfach in andrer Art Gebrauch gemacht. So geschieht es nicht selten, dafs der Führer des Schiffes angewiesen wird, Häfen anzulaufen, in welchen die Frachten noch nicht bestimmt abgeschlossen sind, wo also die Einnahme von Gütern nicht sicher erwartet werden kann. In diesem Falle würde es sich nicht rechtfertigen, das Schiff vielleicht vergeblich ein- und bald darauf wieder hinauszubringen, was mit Zeitverlust und mancherlei Kosten verbunden wäre. Bei günstiger Witterung bleibt daher das Schiff auf der Rhede,

und der Capitän fährt im Boote nach dem Hafen, um die nöthigen Erkundigungen einzuziehn. Endlich dient die Rhede auch zum Sammelplatz der Schiffe, wenn mehrere derselben, oder eine ganze Flotte gemeinschaftlich ausgehn soll. Diese Rücksicht ist vorzugsweise bei einem Kriegshafen von überwiegender Wichtigkeit, aber auch Handelsschiffe, die zu Kriegs-Zeiten unter dem Schutze einer Fregatte, um gegen feindliche Kaper-Schiffe gesichert zu sein, gemeinschaftlich fahren, müssen vor dem Auslaufen sich sammeln, und dieses kann nicht im Hafen selbst geschehn, weil das Ausbringen der einzelnen Fahrzeuge so zeitraubend wäre, dafs sie gleich anfangs schon zerstreut würden.

Aus allen diesen Gründen ist die Rhede ein nothwendiges Erfordernifs für jeden Hafen, doch kann die Kunst zur Darstellung einer solchen nur selten beitragen, weil die betreffenden Anlagen übermäfsig kostbar sind. Es giebt wohl kein Beispiel, dafs man eine ganz neue Rhede künstlich geschaffen hätte, und nur in wenigen Fällen hat man eine solche, die schon durch die Natur gebildet war, durch bauliche Anlagen wesentlich verbessert. Insofern ein Hafen sich am leichtesten an der Mündung eines Stromes oder in einer tieferen Bucht einrichten läfst, so findet sich auch gemeinhin vor demselben ein mehr oder weniger geschützter Ankerplatz, der als Rhede dient.

Das dringendste Erfordernifs für einen solchen ist ein guter Ankergrund, in den der Anker leicht eingreift und dennoch den nöthigen Widerstand darin findet. Ein nicht gar zu strenger Thonboden ist hierzu am meisten geeignet, weil derselbe bei starkem und anhaltendem Wellenschlage sich weniger auflockert, als reiner Sand. Der letzte bietet indessen gleichfalls dem Anker einen festen Halt, wenn die Wassertiefe hinreichend grofs ist, so dafs die Wirkung der Wellen auf denselben sich schon sehr mäfsigt, oder beinahe ganz aufhört. Wenn jedoch gröfsere Tiefen unmittelbar davor liegen, so ist die Abstillung weniger zu erwarten, und der Boden wird daselbst leichter aufgelockert. Im Schlamme haften die Anker sehr wenig, und schon bei mäfsigem Winde und Wellenschlage kommen die davor liegenden Schiffe ins Treiben. Auf Felsen, deren Oberfläche ziemlich eben ist, greift der Anker gar nicht ein, und dieses geschieht auch nicht auf sehr grobem Kiese, während auf klüftigem Gesteine derselbe wohl fafst, aber nicht leicht

wieder gelöst werden kann. Der Felsboden ist aufserdem noch insofern sehr gefährlich, als das Ankertau darauf leicht durchschnitten wird. Um dieses zu verhindern, ist man zuweilen gezwungen, noch Schwimmer daran zu befestigen, die das Tau, soweit seine Spannung dieses gestattet, etwas von dem Boden aufheben und es darüber schwebend erhalten.

Ein anderes Erfordernifs des Grundes ist, dafs derselbe rein ist, und nicht etwa Gegenstände daraus hervorragen, welche das Tau oder die Kette fassen, während das Schiff bei einer Aenderung des Windes oder Stromes eine andre Lage gegen den Anker annimmt. Sollte dieses geschehn, so würde das Schiff sich nicht mehr gegen den Anker, sondern gegen diesen Gegenstand stellen, es würde ein Scheuern des Taues eintreten, letzteres müfste in seinem freien Theile sich auch verkürzen, und bei weiterer Aenderung der Lage des Schiffes würde das Tau oder die Kette vollends den fremden Gegenstand umschlingen, und es wäre unmöglich, den Anker später wieder zu lichten. Bei Gelegenheit der Beseitigung verschiedener Schiffahrtshindernisse von dem Boden der Strombetten (im II. Theile dieses Handbuches § 92) ist bereits erwähnt worden, dafs die Rhede vor Pillau früher durch eine Menge Schiffsanker sehr gefährdet war, dafs diese aber nach und nach vollständig fortgeschafft wurden. Die dabei angewendeten Verfahrungsarten sind ausführlich beschrieben worden. Viel schwieriger sind Schiffswracke zu beseitigen, die oft noch nachtheiliger werden, als einzelne Anker.

Was die Wassertiefe betrifft, in der die Schiffe vor Anker gehn, so hängt dieselbe vorzugsweise von der Witterung ab. Bei schwachem Winde und Wellenschlage und wenn das Schiff voraussichtlich nur kurze Zeit auf der Rhede bleibt, so nähert es sich so weit dem Strande, dafs es nur etwa 1 Faden Tiefe unter dem Kiele behält. Sollte jedoch ein Sturm ausbrechen, wobei die Wellen solchen hohen Grund sehr stark angreifen und auflockern, so würde der Anker bald lose werden und das Schiff ins Treiben kommen. Insofern die Wellen aber jedesmal nach dem Ufer sich bewegen und in ihrer Richtung auf das Schiff stofsen, so befände sich das letztere alsdann in sehr gefährlicher Lage und man müfste suchen, es schleunigst unter Segel zu bringen. Weht aber, wie bei heftigem Wellenschlage fast immer geschieht, der Wind von der See-

seite, so ist es oft wegen des unvermeidlichen anfänglichen Treibens oder auch wegen der Höhe der Wellen nicht möglich, hart an dem Winde aufzukommen, und die Strandung ist alsdann unvermeidlich. Hiernach ist es immer räthlicher, das Schiff, selbst bei günstiger Witterung, auf tieferem Wasser vor Anker zu bringen. Vor Pillau pflegte dieses auf 5 bis 6 Faden zu geschehn. Für grofse Schiffe genügt jedoch selbst diese Tiefe noch nicht. Wenn die Schiffe aber mit Tauen oder Ketten hinreichend versehn sind, so ankern sie zuweilen noch in der Tiefe von 40 Faden.

Es wurde schon oben (§ 31) darauf hingewiesen, dafs der Anker nur fafst, wenn das Tau oder die Kette hinreichende Länge hat, damit eines Theils der Zug nicht etwa aufwärts, sondern nahe horizontal ausgeübt wird, andrer Seits gewinnt aber das Tau in Folge der gröfseren Länge auch mehr Elasticität, so dafs beim Anlaufen der Welle an das Schiff diesem die Gelegenheit geboten wird, etwas zurückzuweichen, bevor das Tau vollständig gespannt ist. Die Ankerketten wirken dagegen in gleicher Weise durch ihr gröfseres Gewicht. Sie legen sich auf den Grund auf, sobald die Spannung etwas nachläfst, und wenn das Schiff wieder zurückgestofsen wird, so erheben sie sich und ziehen sich gerade aus. Sieht man ein Schiff vom Ufer aus vor Anker liegen, so bemerkt man mittelst eines fest aufgestellten Fernrohrs sehr deutlich, dafs es keineswegs immer an derselben Stelle bleibt. Schon bei mäfsigem Wellenschlage pflegt es in derselben Periode, in welcher die Wellen einander folgen, fortwährend um 1 bis 2 Fufs vor- und zurückzugehn. Bei heftigen Stürmen dehnte sich aber auf der Pillauer Rhede diese Bewegung bis auf 6 Fufs aus.

Durch dieses Nachgeben des Taues oder der Kette wird das Liegen auf der Rhede aufserordentlich erleichtert, indem dadurch die heftigsten Stöfse vermieden werden. Erfahrne Seeleute sagen, dafs wenn bei sehr unregelmäfsigem Seegange zwei besonders hohe Wellen einander in so kurzer Zwischenzeit folgen, dafs die zweite das Schiff in demselben Augenblicke schon trifft, wo die erste das Tau vollständig ausgezogen hat, dafs alsdann der Bruch des letzteren unvermeidlich sei. Ein solches Zusammentreffen soll indessen glücklicher Weise sehr selten sein. Gewöhnlich geschieht es, dafs das Schiff den Stofs empfängt, während es in Folge der früheren scharfen Anspannung des Taues, oder durch das Gewicht der schwe-

benden Kette schon nach vorn gezogen wird, und sich in dieser Richtung ziemlich schnell bewegt. Der erste Stofs wird also durch das Trägheits-Moment des Schiffes aufgehoben, dessen Bewegung nicht nur zerstört, sondern sogar in die entgegengesetzte verwandelt werden mufs, bevor die neue scharfe Spannung des Taues erfolgt. Die letztere darf demnach nur noch die Bewegung des Schiffes unterbrechen, die demselben durch diesen Stofs mitgetheilt wurde.

Das Ankertau oder Kabel wird gemeinhin in der Länge von 120 bis 150 Faden oder von 60 bis 75 Ruthen gesponnen, was in den meisten Fällen auch genügt, wiewohl bei tiefem Wasser zwei Kabel zusammengesplifst werden müssen, um die Anker einem möglichst horizontalen Zuge auszusetzen. Beim Ankern auf der Rhede, wo nach der wechselnden Richtung des Windes die Schiffe hinreichend Raum haben müssen, um sich rings um den Anker drehen zu können, pflegt man Schiffe bis 2 Kabel auseinander zu legen, damit sie weder selbst zusammen stofsen, noch auch die Taue mit den Ankern der andern Schiffe in Berührung kommen. Für Linienschiffe genügt dieses aber noch nicht.

Bei ankernden Schiffen, und namentlich solchen, die bei heftigem Wellenschlage vor einem Ankertau liegen, tritt noch die Gefahr ein, dafs letzteres in dem Klüsgatt oder auf der Winde, oder wo es sonst befestigt ist, durchscheure. Man darf es daher nicht unmittelbar mit Holz, oder noch weniger mit Eisen in Berührung bringen. Es wird vielmehr an diesen Stellen mit Lappen von Segeltuch umwunden und diese macht man dadurch geschmeidiger, dafs man sie stark mit Talg einreibt. Bei heftiger Bewegung genügt diese Vorsicht aber nur für kurze Zeit und nach wenigen Stunden mufs man die nächsten Stellen des Taues in gleicher Art verkleiden, und alsdann das Tau soweit anholen oder nachlassen, dafs die neue Verkleidung nunmehr mit den festen Stützpunkten in Berührung kommt. Dieselbe Vorsicht wird aber auch bei den Ketten angewendet, weil die Glieder derselben, wenn sie auch selbst nicht leiden, doch die Holztheile, auf denen sie aufliegen, stark angreifen. Dieses fortwährende neue Verkleiden und Verschieben des Taues oder der Kette ist um so mühsamer, als man bei heftigem Wellenschlage nicht wagen darf, die Ankerwinde, die bei starken Stöfsen abbrechen könnte, zur einzigen Stütze zu wählen, man vielmehr die Befestigung des Taues noch dadurch sichert, dafs man dieses oder

die Kette, um einen Mast, und im heftigsten Wellenschlage sogar um alle drei Masten schlingt, um möglichst viele Stützpunkte zu gewinnen. Bei jedesmaligem Anholen oder Nachlassen mufs aber für jeden derselben eine neue Verkleidung aufgebracht und die Windung verändert werden.

Von der Erleichterung des Schiffes durch Herablassen der Bramstengen ist bereits früher (§ 31) die Rede gewesen, es ergiebt sich aber hieraus, wie gefährlich und mit welchen Beschwerden verbunden das Ankern bei heftigem Wellenschlage ist. Es gereicht daher einem Hafen zum grofsen Vorzuge, wenn er eine geschützte Rhede hat, die von Stürmen nicht getroffen wird, und wo das Wasser stets ziemlich ruhig bleibt. Dergleichen ganz geschützte Rheden finden sich selten, doch liegt ein grofser Gewinn schon darin, wenn sie vor den herrschenden Winden und den stärksten Stürmen Schutz bieten. So wird die Rhede vor Neufahrwasser bei Danzig für sehr sicher gehalten, weil bei westlichen Stürmen, so wie auch bei nördlichen die Wellen durch die Halbinsel Hela von ihr abgehalten werden. Nur bei nordöstlichen Winden bietet sie keinen Schutz. Die Rhede von Pillau und eben so auch die von Memel sind dagegen den westlichen Stürmen, die auf der nördlichen Hemisphäre die heftigsten sind, ganz blofs gestellt.

In manchen Fällen wird ein Schiff vor zwei Anker gelegt. Dieses geschieht schon, wenn der erste Anker nicht fafst, also das Schiff vor demselben treibt. Man läfst alsdann den zweiten Anker in gleicher Weise, wie den ersten fallen. Sicherer ist es jedoch, beide Anker vorher mit einander zu verbinden oder zu verkatten. Dieses kann jedoch nur geschehn, wenn man die Gefahr schon bemerkt, während das Schiff noch unter Segel ist. Es wird alsdann das Ankertau durch mehrfaches Durchziehn durch den Ring des ersten Ankers und durch Umschlingen des Schaftes desselben mit diesem fest verbunden, so dafs es sich von dem Ende des Schaftes, wo die beiden Arme abgehn, nicht trennen kann, und demnächst wird es in geringer Entfernung dahinter an den Ring des zweiten Ankers gesteckt.

Ganz gewöhnlich ist auch der Gebrauch zweier Anker, wenn das Schiff in einem engen Revier liegt, wo die Fluth und Ebbe jedesmal ein Umsetzen der Strömung veranlafst. Würde man in diesem Falle nur einen Anker benutzen, so müfste derselbe sich

jedesmal drehen, und aufserdem könnte das Schiff beim Aufhören der Strömung weit seitwärts vor dem Winde abtreiben, so dafs es die Schiffahrt behinderte, oder auch wohl selbst vor dem Winde gegen die Sandbänke triebe. Man pflegt es daher vor zwei Anker zu legen, von denen der eine es bei der Fluth, und der andere bei der Ebbe hält. Bevor das Schiff an die Stelle kommt, wo es liegen soll, läfst man den einen Anker fallen, und segelt alsdann bis zu der gleichen Entfernung über die Liegestelle hinaus, um hier den zweiten Anker auszuwerfen. Demnächst wird das Schiff an dem ersten Ankertau zurückgewunden, bis es sich in der Mitte zwischen beiden Ankern befindet. Die beiden Taue oder Ketten, von denen die eine durch das rechtseitige, und die andere durch das linkseitige Klüsgatt gezogen ist, werden nunmehr scharf angewunden, um die Anker in die richtige Lage zu bringen, und es ist ersichtlich, dafs alsdann das Schiff sehr nahe an derselben Stelle liegen bleibt, wenn die Strömung von der einen, oder von der andern Seite kommt. Hiedurch wird auch die Möglichkeit geboten, dafs Schiffe sehr nahe neben einander ankern können, ohne dafs ihre Taue sich umschlingen oder sie selbst gegen einander stofsen. In diesem Falle ist jedoch grofse Vorsicht nöthig, dafs beim Umsetzen des Stromes die Schiffe auf demselben Wege zurückdrehen, auf dem sie sich vorher in der entgegengesetzten Richtung gedreht hatten. Geschieht dieses nicht, so winden beide Taue oder Ketten vor dem Buge sich um einander, wobei eine Beschädigung leicht eintritt, und das Anholen jedes einzelnen unmöglich wird. Durch rechtzeitiges Beisetzen einzelner Segel läfst sich dieses gewöhnlich leicht vermeiden. Das beschriebene Manöver setzt aber immer voraus, dafs die Ankerstelle ziemlich geschützt ist und von starkem Seegange nicht getroffen wird, weil ein solcher, wenn die Wellen seitwärts anlaufen, die Taue zu sehr angreifen, auch die Anker bald lösen würde.

In diesem, wie in vielen andern Fällen, befindet sich die Rhede nicht im Meere, sondern schon innerhalb der Strommündung, und wenn daselbst besondere Häfen eingerichtet sind, so wird im Gegensatze zu diesen der Ankerplatz im Strome wieder die Rhede genannt. Diese Bezeichnung pflegt insofern zu keinen Verwechselungen Veranlassung zu geben, als in solchem Falle eine äufsere Rhede meist nicht existirt, oder wenigstens nicht oft benutzt wird, weil

die innere bei jeder Fluth zugänglich ist, auch hinreichende Tiefe hat. In den Ostsee-Häfen ist eine solche Benennung nicht üblich, weil die Liegeplätze im Strome theils schon den eigentlichen Hafen bilden, theils aber auch durch die Barre von der offenen See geschieden werden, also nicht leicht zugänglich sind. Die meisten unserer Häfen sind in der That nicht sowol Bassins, in denen die Schiffe vor Strom und Eisgang geschützt liegen, als vielmehr nur Flufsmündungen. Dieses ist bei Swinemünde, Kolbergermünde, Rügenwaldermünde, Stolpmünde und selbst bei Memel der Fall, obwohl man am letzten Orte seit geraumer Zeit ein Hafenbassin auszuheben begonnen hat, das jedoch wegen mangelnder Tiefe noch immer nicht als solches benutzt werden kann. Bei dem Hafen Neufahrwasser bei Danzig umging man, wie bereits § 12 mitgetheilt worden, die Sandablagerungen, die sich vor der Mündung der Weichsel gebildet hatten, durch einen Canal, der nach dem tieferen Wasser führte, das sich früher auf der östlichen Seite vorfand. Es traten jedoch sehr bald auch hier Versandungen ein, und man sah sich daher gezwungen, diesen Canal wiederholentlich zu verlängern, bis endlich nach der Einführung kräftiger Dampfbagger, die Untiefen vor der Hafenmündung in der sehr geschützten Bucht genügend beseitigt werden konnten. Nachdem vollends die Weichsel bei Neufähr die schmale Dünenkette durchbrochen hatte, und der bei Danzig vorbeiführende Arm vollständig gegen Durchströmung gesichert worden ist, so haben sich freilich die Verhältnisse hier sehr günstig gestaltet, aber nichts desto weniger besteht der Hafen dennoch nicht in einem geräumigen Bassin, vielmehr stellt sich auch gegenwärtig noch immer das Bedürfnifs eines solchen behufs der bequemen Befrachtung und Löschung der Schiffe heraus.

Der einzige Preufsische Hafen, der gleich bei seiner ersten Entstehung mit einem Seiten-Bassin versehn wurde, worin die Schiffe aufserhalb des Stromes liegen konnten, ist Pillau. Bei den nach und nach eintretenden Verlandungen wurde dieses Bassin oder der sogenannte Graben für diesen Zweck offen erhalten, und als später die vor der Mündung desselben sich hinziehende Sandablagerung mit einem Bohlwerke begrenzt und durch Ballast erhöht wurde, woraus der Russische Damm sich bildete, so entstand auf der östlichen Seite der Stadt der eigentliche Hafen. Derselbe wird von dem Strome, der aus dem Frischen Haffe nach der See, oder um-

gekehrt geht, nicht unmittelbar getroffen, aber dennoch zeigt sich darin zuweilen eine nachtheilige Strömung, da der Hafen auf der Nordseite nicht abgeschlossen ist, und bei gewissen Winden das Wasser aus der Bucht bei Camstigal ziemlich heftig durch ihn abfliefst. Aus der Situations-Zeichnung Fig. 27 lassen sich diese Verhältnisse ungefähr erkennen, doch soll dieser Hafen, dessen Entstehung und Ausbildung sich nach den historischen Nachrichten sehr sicher verfolgen läfst, später ausführlich beschrieben werden.

Die ankommenden Schiffe, welche wegen zu grofsen Tiefganges oder wegen ungünstigen Windes nicht sogleich in Pillau einlaufen können, ankern in der offenen See jenseits der Barre, die sich vor den Molen parallel zum Strande hinzieht. Dieser Ankerplatz heifst die Rhede. Sind die Schiffe dagegen bis in das Tief oder den schmalen Wasserlauf zwischen der Stadt und der Nehrung gekommen, und sollen sie etwa nach Königsberg oder Elbing aufgehn, so werden sie nicht in den eigentlichen Hafen eingebracht, vielmehr in dem tiefen Kessel südwestlich von Pillau vor Anker gelegt. Man sagt alsdann, dafs sie auf dem Strome ankern. Ohne Zweifel ist diese Stelle auch eine Rhede, und zwar eine sehr gesicherte, doch wird dieser Ausdruck hier nicht gebraucht, weil man die äufsere Rhede darunter verstehn würde.

Die Anlagen zur Sicherung einer Rhede im offenen Meere oder auch in einer von Natur schon ziemlich geschützten Bucht sind jedesmal sehr kostbar, weil grofse Tiefen durchbaut werden müssen, und es giebt nur wenig Beispiele, wo dieses wirklich geschehn ist. Nicht selten werden Vorschläge gemacht, durch schwimmende Wellenbrecher die dahinter liegenden Schiffe zu sichern. Der Effect von solchen ist aber keineswegs so grofs, als man erwartet, und aufserdem ist es überaus schwierig, sie selbst vor Zerstörungen sicher zu stellen und sie hinreichend zu befestigen. Wie eine Anlage dieser Art sich vor dem Hafen Ciotat ganz ungenügend erwiesen hat, ist bereits § 33 erwähnt worden.

Das erste und zugleich das wichtigste Beispiel zur Sicherung einer Rhede ist in der Bucht von Cherbourg zur Ausführung gekommen. Dieser Bau bietet nicht nur an sich ein überwiegendes Interesse wegen der sehr verschiedenen Constructions-Arten, die im Laufe der Zeit daran versucht wurden, und wegen der dabei gemachten Erfahrungen, sondern aufserdem ist er für die Entwicke-

See- und Hafenbaues von unverkennbarem Einflusse ge-
ind zweimal haben die Ansichten, die sich bei ihm gel-
ten, auch in England und zum Theil in Deutschland und
ang gefunden. Es wird sich daher rechtfertigen, wenn
n Folgenden ausführlich und besonders behandelt wird.
nur erwähnt werden, dafs dieser Schutzdamm oder Wel-
er nahe eine halbe Deutsche Meile lang ist, und sich bis
ch über den natürlichen Boden erhebt. Der letztere liegt
s 38 Fufs unter dem Niedrigwasser der Aequinoctial-
en. Der Fluthwechsel bei solchen mifst 23 Fufs, und der
ebt sich mit seiner Krone noch 13 Fufs über die höch-
n.

ınlicher Bau wurde im Anfange dieses Jahrhunderts auf
en Küste von England in der Bai von Plymouth aus-
ı eine gesicherte Rhede vor den hier belegenen Etablis-
r Marine darzustellen. Der Wellenbrecher, nachgebildet
ourger, wie derselbe damals theils ausgeführt war, theils
werden sollte, erhielt in der Krone die Länge von nahe
Deutscher Meile, diese Krone erhebt sich aber nur 2 Fufs
ōchsten Fluthen, während der natürliche Boden ungefähr
f unter dem Niedrigwasser der Aequinoctial-Springfluthen
ei Cherbourg. Der gröfste Fluthwechsel mifst hier 17½
ser Bau wurde unter Rennie's Leitung 1812 begonnen.
in Nordamerika kam in den Jahren 1829 bis 1834 un-
ınd's Leitung ein Wellenbrecher, jedoch von noch gerin-
ensionen zur Ausführung, nämlich nordwestlich vom Cap
292 Ruthen lang und zwar in solcher Richtung, dafs seine
das benannte Vorgebirge trifft. Die Tiefe maafs hier
eren Wasserstande 30 bis 36 Fufs und die Krone erhebt
fs über die Aequinoctial-Springfluthen, die einen Fluth-
n 6½ Fufs veranlassen. In der ausgedehnten Bai vor der
des Delaware wurde hierdurch eine Rhede gebildet,
alle Stürme sehr geschützt lag, beim Aufgehn des Dela-
ıes trieb jedoch das Eis stark hinein, und um die Schiffe
ı dieses zu schützen, sah man sich gezwungen, nachträg-
ein ähnliches Werk von 121 Ruthen Länge auszuführen,
'esten nach Osten gerichtet ist, und die Rhede auf der
deckt.

Zuweilen hat man auch die Hafenmündungen gegen das Eintreten der Wellen in ähnlicher Weise, wie die Rheden, dadurch gesichert, dafs isolirte Dämme davor gelègt sind. Dieses ist z. B. bei Civita Vecchia geschehn und eben so hat man auch den Hafen von Cette in den Jahren von 1820 bis 1830 durch einen 148 Ruthen langen Wellenbrecher zu decken gesucht.

Durch Anlagen dieser Art, die sehr häufig empfohlen werden, erreicht man ohne Zweifel nicht nur den grofsen Vortheil, dafs der Wellenschlag sich wesentlich mäfsigt, sondern man gewinnt für den Hafen auch zwei Mündungen, von denen nach der jedesmaligen Richtung des Windes beim Ein- oder Ausgehn die eine oder die andre benutzt werden kann. Nichts desto weniger sind diese isolirten Dämme doch immer sehr gefährlich, da sie unverkennbar zu starken Versandungen Veranlassung geben. Gemeinhin pflegt man bei ihrer Anlage darauf Rücksicht zu nehmen, dafs der Durchgang einer frischen und kräftigen Strömung möglichst wenig behindert werde, und sonach der Sand nicht hinter ihnen liegen bleibe, vielmehr durch die Küstenströmung weiter geführt werde. Diese Absicht ist indesssn immer nur sehr unvollständig zu erreichen, denn offenbar wird eine Zwischenwand, die man in fliefsendem Wasser errichtet, wenn sie auch vollständig in der Richtung des Stromes liegt, doch jedenfalls denselben schwächen, und namentlich wird dieses in dem durch sie gebildeten schmaleren Arme der Fall sein. Die hinter den Wellenbrecher tretenden Sand- und Kiesmassen können also nicht mehr mit derselben Leichtigkeit, wie früher, wieder heraus getrieben werden. Viel wichtiger ist jedoch noch ein andrer Umstand, der ihre Ablagerung wesentlich befördert. Dieses ist das Aufhören der starken Wellenbewegung. So lange letztere anhält, kommen die auf der Oberfläche des Strandes liegenden Sand- und Kiesmassen gar nicht zur Ruhe und folgen sonach bei dem anhaltenden Auf- und Abtreiben selbst der schwächsten Küstenströmung. Dieses hört aber auf mit der Abschwächung der Wellen. Der Sand und Kies treibt so weit, wie der Wellenschlag anhält, er lagert sich aber ab, wo dieser aufhört. Dafs solche sehr nachtheilige Aenderungen wirklich eintreten, hat sich bei Cette gezeigt, woselbst seit der Erbauung des Wellenbrechers die östliche Mündung so sehr verflacht ist, dafs sie von gröfseren Schiffen nicht mehr passirt werden kann.

Auch bei den vorhin erwähnten Wellenbrechern vor den Rhe-
bei Cherbourg, Plymouth und in der Delaware-Bai ist man auf
Versandungen sehr aufmerksam geblieben, und wenn man
ie bisher noch nicht bemerkt hat, so rührt dieses wohl allein
n her, dafs in jenen Buchten keine grofse Sand- und Kiesmas-
vorbeitreiben, dafs also solche entweder überhaupt fehlen, oder
die Küstenströmung sehr mäfsig ist.

§. 35.

Frühere Bauten bei Cherbourg.

s ist bereits erwähnt worden, dafs die Bauten bei Cherbourg
amentlich der Wellenbrecher, der die dortige Rhede schützt,
berwiegendem Einflusse auf die Hafen-Baukunst im Allgemei-
ewesen ist. Aufserdem ist der Kriegshafen daselbst von gro-
edeutung, und wenn man dieses von dem dortigen Handels-
auch nicht sagen kann, so treten dennoch bei demselben die-
n Eigenthümlichkeiten der Anordnung in sehr einfacher Form
, welche in den meisten Häfen, die einem starken Fluthwech-
terworfen sind, sich zu wiederholen pflegen. Es wird sich
rechtfertigen, wenn diese verschiedenen Anlagen im Nachste-
n ausführlich beschrieben werden.
herbourg, in dem Scheitel einer flachen Bucht auf der weit
tenden Halbinsel Cotentin belegen, konnte in früherer Zeit
merkantilische Bedeutung haben, da es auf der Südseite, wo
ein mit dem Binnenlande in Verbindung steht, durch einen
Bergrücken begrenzt wird, über den keine bequeme Strafse
. In den Kriegen zwischen Frankreich und England spielte
gegen eine grofse Rolle. Der Insel Wight und dem Hafen
nouth gegenüber liegend, war es den feindlichen Angriffen um
hr ausgesetzt, als es bei seiner abgeschlossenen Lage vom
nlande aus nicht leicht unterstützt werden konnte. Vauban
daher, Cherbourg sei das Wirthshaus am Canale, in welches
ngländer in jedem Kriege einkehren. Derselbe verkannte aber
welche grofse Bedeutung dieser Ort für Frankreich haben
, wenn es möglich wäre, daselbst eine Station zu bilden, wo

eine Kriegsflotte gegen alle Stürme geschützt liegen könnte. Seit 1665 wurde daher schon an die Umschliefsung der Rhede gedacht, und man war nur zweifelhaft, ob die Bucht bei Cherbourg oder diejenige bei la Hougue, auf der Ostseite der Halbinsel Cotentin, und etwa 4 Deutsche Meilen von Cherbourg entfernt, sich hierzu mehr eigne.

Unter Ludwig XIV. wurde 1740 der alte Handelshafen, der durch die Mündung des kleinen Flüfschen Divette gebildet war, und der bei jeder Ebbe trocken lief, wesentlich verbessert, indem der Vorhafen von dem innern Bassin durch eine Dockschleuse getrennt wurde, und dieser Theil als Flotthafen den Wasserstand der Fluth zurückhielt, so dafs die Schiffe darin fortwährend flott bleiben konnten. In dieser Weise stellt die Situationszeichnung in Bélidor's Architecture hydraulique*), die 1750 erschien, den Hafen dar. Zwei Hafendämme, die sich bis zur Grenze des Niedrigwassers fortsetzen, bilden nach dieser Zeichnung die Einfahrt in den geräumigen Vorhafen, und hinter diesem liegt der Flotthafen, dessen Gestalt freilich von der des gegenwärtigen wesentlich abweicht. Zwischen beiden befindet sich nicht nur die Dockschleuse, sondern an beiden Seiten der letzteren noch zwei Canäle von je 9 Fufs Weite, welche durch Schütze geschlossen werden, also zum Spülen des Vorhafens benutzt werden können. Der Flotthafen, in den sich die Divette ergiefst, diente also damals zugleich als Spülbassin.

Nach der Charte der Rhede bei Cherbourg, die de Cessart**) mittheilt, liegt das Spülbassin, wie auch gegenwärtig der Fall ist, auf der östlichen Seite des Flotthafens, und es wird nicht nur durch die darin eintretende Fluth, sondern auch durch den Flufs Divette gefüllt.

Unter den sonstigen Veränderungen, die in neuerer Zeit an diesem Hafen vorgekommen sind, wäre zu erwähnen, dafs der Flotthafen bedeutend verlängert ist, wogegen aus der Vergleichung der Situationspläne aus verschiedenen Zeiten sich eine bedeutende Verkürzung des westlichen Hafendammes ergiebt. Etwa um das Jahr 1820 wurden beide Hafendämme auf einen grofsen Theil ihrer Länge zerstört, und man hat seitdem nur den östlichen wieder her-

*) Seconde partie, Tome I, Taf. LI.
**) Description des travaux hydrauliques. Tome II. Paris 1808.

gestellt, weil der westliche doch niemals zur Wirkung gekommen war, indem sich vor demselben stets eine Sandbank ablagerte.

Der Handelshafen besteht gegenwärtig, wie die Situationszeichnung Fig. 108 angiebt, zunächst aus der ganz geraden Hafenmündung oder dem langen von beiden Hafendämmen eingeschlossenen Halse, der im Französischen le Chenal heifst, wofür wir im Deutschen keinen Ausdruck haben. Die Breite desselben mifst 160 Fufs und seine Länge 128 Ruthen, doch ist, wie bereits erwähnt, der westliche Hafendamm bedeutend kürzer und nur 74 Ruthen lang. Die Hafendämme sind aus Bruchsteinmauerwerk ausgeführt, mit Granitquadern eingefafst, etwa 30 Fufs breit und erheben sich einige Fufs hoch über den höchsten Wasserstand. Die Küstenströmung soll hier vorzugsweise von Osten nach Westen gerichtet sein, und man ist also von der Ansicht ausgegangen, dafs die Hafenmündung an derjenigen Seite, von wo der Sand hinzutreibt, durch den längeren Damm zu sichern sei. Aus den Mittheilungen, die später über die Offenerhaltung der Hafenmündungen gemacht werden sollen, wird sich ergeben, dafs diese Ansicht keineswegs die allgemeine ist, dafs man vielmehr gewöhnlich günstigere Erfolge sich verspricht, wenn der gegenüber liegende Hafendamm der längere ist. Auf dem Kopfe des östlichen oder des am weitesten vortretenden Hafendammes befindet sich ein kleiner Leuchtthurm, auf dem ein rothes Licht unterhalten wird, das sich 32 Fufs über den mittleren Spiegel der See erhebt, und bei halber Fluth angezündet wird.

Es dürfte angemessen sein, hier zugleich die andern Feuer zu benennen, durch welche die Rhede bei Cherbourg bezeichnet wird. Die Küste wird vorzugsweise durch zwei Feuer erster Ordnung markirt. Eines derselben befindet sich auf der Pointe de Barfleur. Dasselbe ist ein Drehfeuer, das von 30 zu 30 Secunden sich bis zu einem schwachen Schimmer vermindert, und 287 Fufs über dem Meeresspiegel angebracht ist. Das zweite auf Cap de la Hague ist ein festes Feuer, das 153 Fufs über dem Meeresspiegel brennt. Beide sind 6¼ Deutsche Meilen von einander entfernt, und bezeichnen die östliche und westliche Ecke von dem nördlichen Ufer der Halbinsel Cotentin. In der Mitte zwischen ihnen befindet sich die Bucht von Cherbourg. Diese ist aber aufser dem bereits beschriebenen Hafenfeuer noch durch eine Anzahl andrer kleiner Feuer markirt, nämlich zunächst durch ein festes weifses Feuer in dem Fort auf der

Insel Pelée, ferner durch ein festes grünes Feuer auf der östlichen Ecke des Wellenbrechers, sodann durch ein Drehfeuer in dem Fort Central des Wellenbrechers, das von 3 zu 3 Minuten vollständig verschwindet, außerdem durch ein festes rothes Feuer auf der westlichen Ecke des Wellenbrechers und endlich durch ein festes weißes Feuer in dem Fort Querqueville. Die Mündung des Kriegshafens sollte nach dem ursprünglichen Plane noch durch zwei Leuchtthürme bezeichnet werden, die jedoch zur Zeit noch nicht existiren.

Der Handelshafen besteht ferner aus einem geräumigen Vorhafen von 95 Ruthen Länge und 53 Ruthen Breite. Derselbe wird zur Zeit des niedrigen Wassers beinahe in seiner ganzen Ausdehnung trocken und es bleibt darin nur die tiefere Rinne mit Wasser bedeckt, die von dem Spülstrome vorzugsweise getroffen wird. Die Schiffe, welche im Vorhafen liegen, setzen sich also während der Ebbe auf den Grund auf. Für größere und scharf gebaute Schiffe würde dieses allerdings sehr nachtheilig sein, weil sie dabei nicht gleichmäßig unterstützt würden, sich auch auf die Seite legen müßten, bei kleinen und flachen Fahrzeugen ist dieses Aufsetzen aber unschädlich, weil eines Theils dafür gesorgt wird, daß der Boden recht rein bleibt, und weil außerdem wegen der engen Mündung und der geschützten Lage derselben der Wellenschlag nicht von Bedeutung ist, und sonach, während beim steigenden oder fallenden Wasser die Schiffe so eben nur noch schwimmen, sie nicht heftig auf den Grund gestoßen werden.

Eine Dockschleuse, bestehend aus einem einzelnen Thorpaare, das nach innen aufschlägt, also den Stand des Hochwassers in dem Binnenhafen zurückhält, verbindet den letzteren mit dem Vorhafen. Die Schleuse ist 41½ Fuß weit und ihr Drempel liegt 12½ Fuß unter dem Hochwasser bei todten Fluthen. Es können sonach bei allen Fluthen Schiffe von 200 Lasten und gewöhnlich noch größere eingebracht werden.

Der Binnenhafen oder der Flotthafen ist 108 Ruthen lang und 33½ Ruthen breit, er faßt über 200 Schiffe verschiedener Größe und bietet über 209 Ruthen Länge Kai den Schiffen, an welche dieselben unmittelbar anlegen können.

An der südlichen Seite des Binnenhafens sind noch zwei Hellinge erbaut und ein drittes befindet sich in der nordwestlichen Ecke des Vorhafens. Eine kurze Eisenbahn führt von dem Flott-

hafen nach den Steinbrüchen des in der Nähe befindlichen Roule-Gebirges. Nachdem nunmehr die Eisenbahn von Paris nach Cherbourg fertig geworden ist, so hat man dieselbe wahrscheinlich auch nach den Kais des Handelshafens verlängert.

Endlich gehört zu dieser Anlage noch das Spülbassin an der östlichen Seite des Flotthafens. Dasselbe ist 160 Ruthen lang und durchschnittlich 16 Ruthen breit. Es nimmt den Fluſs Divette auf, der indessen die Verlandung dieses Bassins wesentlich befördert, woher man schon lange daran gedacht hat, den Fluſs zur Seite des letzteren unmittelbar nach der See ausmünden zu lassen. So oft der Vorhafen gespült werden soll, läſst man das Hochwasser eintreten, und damit dieses sich nicht in das niedrige Thal des Flusses ergieſst, so muſs alsdann die Verbindung zwischen beiden durch Schütze geschlossen werden. Das Spülbassin mündet durch einen überwölbten Canal auf der östlichen Seite der Dockschleuse in den Vorhafen und wird durch ein gewöhnliches Spülthor mit zwei ungleichen Flügeln geschlossen.*) Die Ausfluſsöffnung, etwa 15 Fuſs weit, ist nach der Längenrichtung des Vorhafens gekehrt und liegt sehr nahe an der Schleuse.

Die zweite und ohne Zweifel die bedeutendste Anlage in der Bucht bei Cherbourg ist der Wellenbrecher, der die Rhede bei nördlichen Winden gegen Wellenschlag schützt. Längs der ganzen Französischen Küste zwischen Dünkirchen und Brest, also nahe auf 60 Deutsche Meilen Länge, gab es keinen Hafen, in den gröſsere Schiffe bei jedem Wasserstande einlaufen und worin sie bei Stürmen ohne Gefahr liegen konnten. Der Mangel war um so fühlbarer, als die gegenüber liegende Englische Küste mehrere sehr geschützte und tiefe Buchten, wie bei Southampton, Portsmouth und Plymouth enthält, also die Handelsschiffe sich hier stets bergen, auch armirte Fahrzeuge sicher liegen, und die günstige Gelegenheit zum Auslaufen wahrnehmen konnten, während die Französischen Schiffe in Kriegszeiten allen Zufälligkeiten des feindlichen Angriffes, wie der Witterung ausgesetzt waren, ohne daſs sie irgend wo Schutz fanden. Gegen das Ende des Amerikanischen Krieges hatte man sich endlich überzeugt, daſs ein Hafen oder wenigstens eine geschützte Rhede hier nothwendig sei, und die Frage, ob die Bucht

*) Vergl. den zweiten Theil dieses Handbuches § 111.

von Cherbourg oder von la Hougue zu wählen sei, wurde 1777 durch den Marine-Capitän de la Bretonnière entschieden, der den Nachweis führte, dafs in der Bucht von la Hougue mehr erdige Theilchen durch die Küstenströmung herbeigeführt würden, als bei Cherbourg, wo sich nur Sand, und auch dieser nur in geringem Maafse vorfinden sollte.

In den Jahren 1779 und 1780 wurden die beiden Forts auf der Insel Pelée und auf der westlich von Cherbourg weit vortretenden Ufer-Ecke le Homet erbaut. Das dritte sehr bedeutende Fort am Meere, nämlich Querqueville, kam erst 1787 hinzu.

Das Project zum Wellenbrecher mochte früher schon vielfach in Ueberlegung genommen sein. Belidor*) äufsert sich darüber ausführlich, und schlägt vor, von der Spitze le Homet und von der Insel Pelée aus zwei Dämme gegen einander zu führen, die zwischen sich eine Oeffnung von etwa einer Viertel Deutschen Meile frei lassen, aufserdem aber von der Insel Pelée noch einen andern Damm in südlicher Richtung nach der nächsten Uferecke, Tour la Ville genannt, zu führen, und hier eine zweite Einfahrt von etwa 40 Ruthen Weite darzustellen. Dafs die Ausführung dieses Projectes unterblieben ist, darf man wohl nicht beklagen, denn nach demselben würde der sehr kleine Theil der tiefen Rhede, der innerhalb der Umschliefsung liegt, gar keinen Schutz erhalten haben und dem Wellenschlage in gleichem Maafse, wie früher, ausgesetzt geblieben sein.

De la Bretonnière hatte gleichfalls ein Project angegeben, welches de Cessart in dem bereits benannten Werke kurz andeutet. Im Abstande von 1 Lieu vom Ufer sollte nämlich ein 2000 Toisen oder 1035 Ruthen langer isolirter Damm ausgeführt werden, der nicht nur an seinen beiden Enden die Zugänge zur Rhede frei läfst, sondern aufserdem in der Mitte noch eine Oeffnung zu gleichem Zweck erhält. Es ergiebt sich hieraus, dafs nach diesem Vorschlage der Wellenbrecher 200 bis 300 Ruthen weiter seewärts gelegt worden wäre, als er später wirklich gelegt ist, und dafs die geschützte Rhede hierdurch in hohem Grade an Ausdehnung gewonnen haben würde, so wie sie auch wahrscheinlich mit viel bequemeren Zugängen versehn worden wäre. Dagegen ist nicht zu verkennen, dafs

*) Architecture hydraulique. II. Partie, Volume II. § 667.

die Kosten der Anlage und die Schwierigkeiten der Ausführung sich dabei gleichfalls wesentlich erhöht hätten. Was die Art der Ausführung betrifft, so entschied sich de la Bretonnière für dieselbe Construction, die bereits bei la Rochelle mit Erfolg angewendet war. Er glaubte nämlich, verschiedene starke Strömungen nahe über dem Grunde bemerkt zu haben, und besorgte daher, dafs gewöhnliche Steinschüttungen sich nicht halten würden, woher er empfahl, alte Schiffe auszumauern und neben und über einander zu versenken, demnächst aber lose Steine dazwischen und darüber zu schütten, so dafs auf diese Weise ein Damm entstände, der sich 50 Pariser Fufs über die Sohle erhebt.

Es wurde nunmehr eine Commission ernannt, um dieses Project zu prüfen. Dieselbe konnte sich nicht mit der vorgeschlagenen Construction einverstanden erklären, weil sie namentlich besorgte, dafs die erforderliche Anzahl alter Schiffe nicht aufzutreiben sein werde. Das Ministerium schien indessen auf das erste Project grofses Gewicht zu legen, und so wurde beschlossen, dafs vor der definitiven Entscheidung noch de la Bretonnière gehört werden solle, der inzwischen das Commando über ein grofses Schiff erhalten und auf diesem eine weite Reise angetreten hatte.

In dieser Zwischenzeit legte de Cessart, ältester General-Inspector des Wasserbaues, dem Minister und Staats-Secretär der Marine, de Castries, ein Project zur Verbesserung des Hafens vom Havre vor. Er wurde bei dieser Gelegenheit um seine Ansicht gefragt, in welcher Weise wohl die Rhede bei Cherbourg in solcher Ausdehnung, dafs 80 bis 100 Kriegsschiffe daselbst ankern könnten, gegen Wellenschlag und feindliche Angriffe zu sichern sei. De Cessart rühmt sich, dieser Aufgabe sogleich nachgekommen zu sein, und 14 Tage darauf schon das vollständige Project dem Minister vorgelegt zu haben. Dieses geschah 1781.

Das Project bezog sich, wie es scheint, allein auf die Anordnung und Constructions-Art des Dammes, ohne seine Richtung und Lage zu berühren. Es wird nur gesagt, dafs der Damm ungefähr 2000 Toisen lang werden solle. De Cessart meint, der Angriff der Wellen gegen einen dichten Damm sei zu stark, als dafs ein solcher sicher widerstehn könne, dieses habe sich an demselben Damme bei la Rochelle gezeigt, auf den de la Bretonnière Bezug genommen. Es bleibe daher nur übrig, den Wellenschlag durch viele und

nahe neben einander befindliche, steil aufsteigende Massen zu unterbrechen. Zu diesem Zwecke müsse man die Rhede mit einer Reihe von abgestumpften Kegeln einschliefsen, die sich in ihrer breiten Basis berühren. Er wolle daher in der Entfernung von einer halben Lieu vom südlichen Ufer 90 kegelförmige Kasten von Holz, ohne Boden, neben einander stellen, deren Basis 150 Fufs*) und deren obere Grundfläche 60 Fufs im Durchmesser hält, die aber 60 bis 72 Fufs hoch sind, indem sie noch einige Fufs über das Hochwasser (bei Aequinoctial-Springfluthen) vorragen. Die schmalen Oeffnungen dazwischen und die steilen Wände, die sich unter 53 bis 58 Graden gegen den Horizont erheben, würden den Wellenschlag so sehr mäfsigen, dafs die dahinter liegenden Schiffe nicht mehr in nachtheiliger Weise von demselben getroffen werden könnten. Aufserdem würden aber die Oeffnungen auch zu enge sein, als dafs selbst bei ruhiger See feindliche Schiffe hindurchzufahren wagen dürften. Die Kegel würden leicht auf dem Strande zu erbauen und bei Hochwasser auf ihre Stelle zu bringen und zu versenken sein. Sie sollten alsdann schleunig in ihrer ganzen Höhe mit Steinen angefüllt, und sobald die Schüttung sich gesetzt hat, bis zum niedrigsten Wasser wieder entleert, und von hier ab mit Bruchsteinen in Puzzolan-Mörtel vollgemauert und mit einer Lage Granit-Quadern überdeckt werden. Die Construction und Art der Versenkung wurde zugleich näher beschrieben, und eine vergleichungsweise sehr kurze Dauer der Bauzeit, sowie auch sehr mäfsige Kosten der Ausführung in Aussicht gestellt.

Wie abenteuerlich und unüberlegt dieses Project auch war, so erweckte die Zuversicht, mit der es vorgelegt wurde, doch grofses Vertrauen. Es wurde einer Commission, bestehend aus höheren Marine-Offizieren, Militär-Ingenieuren und Wasserbaumeistern zur Prüfung vorgelegt, unter letzteren befand sich auch Perronet. Wenn ein Plan höheren Orts bereits gebilligt worden, so ist es bedenklich und gemeinhin auch ganz erfolglos, dagegen noch Zweifel auszusprechen. Die Commission begnügte sich daher, einen vorläufigen Versuch über die Zusammensetzung und den Transport eines Kegels zu empfehlen.

*) Diese Angaben beziehn sich auf Pariser Fufsmaafs, das ungefähr im Verhältnisse von 80 zu 29 gröfser ist, als das Rheinländische. Die Toise hält 6 Pariser Fufs.

Im Anfange des Jahres 1782 wurde ein solcher Versuch an r Meeresküste ohnfern des Havre angeordnet, und zwar hatte eser Kegel nach de Cessart's Angabe nur 36 Fuſs Höhe, während ine Basis 150 Fuſs im Durchmesser hielt. Indem die Neigung iner Seitenfläche auf 60 Grade bestimmt war, so betrug sein obe- r Durchmesser 108 Fuſs.

Die Construction dieses und der übrigen Kegel wird bei Gele- mheit der hölzernen Hafendämme kurz beschrieben werden, hier t nur das Geschichtliche über diesen berüchtigten Bau mitzutheilen.

Die Ausführung des zu diesem Versuche bestimmten Kegels ng ziemlich langsam von statten, indem wiederholte Stürme, wie e an der Mündung der Seine nicht selten sind, mehrmals den be- nnenen Bau stark beschädigten. Innerhalb vier Monate war der egel endlich aufgestellt und in sich verbunden, und am 8. Novem- r, kurz vor Eintritt des Hochwassers, hob er sich mittelst der ran befestigten Tonnen. Man bugsirte ihn etwa 150 Ruthen seit- ärts, und senkte ihn alsdann, indem die Tonnen gelöst wurden. ieser Versuch begründete kein Bedenken gegen das gewählte Ver- hren und der Kegel wurde wieder in die einzelnen Verbandstücke rlegt, um diese auf der Rhede von Cherbourg verwenden zu önnen.

Am 1. April 1783 wurde endlich der Bau des Wellenbrechers enehmigt und de Cessart mit der Ausführung desselben beauf- agt. Um einen schnellen Fortgang der Arbeiten zu ermöglichen, urden 2000 Soldaten ihm zur Disposition gestellt, doch waren anche andre Anlagen nothwendig, bevor der eigentliche Bau be- nnen werden konnte. Es muſsten Casernen für das Militär und e übrigen Arbeiter, verschiedene Straſsen nach den Baustellen und teinbrüchen eingerichtet, ein kleiner Hafen zur bequemen Abfuhr r Steine u. dgl. angelegt werden. Dieser Hafen erhielt seine telle bei dem Dorfe Becquet, etwa 1 Deutsche Meile ostwärts von herbourg, woselbst sich ein brauchbarer Steinbruch in unmittelba- r Nähe des Meeres befand. Die Baustelle für die Kegel wurde i Chantereyne auf dem Strande südlich der Felsen le Galet, also f einem Terrain eingerichtet, welches gegenwärtig innerhalb des riegshafens liegt.

Ein Kegel von 60 Fuſs Höhe wurde in demselben Jahre fertig, ch verzögerte sich sein Transport und seine Versenkung, indem

aufs Neue Zweifel angeregt wurden, ob derselbe mittelst der beabsichtigten Methoden sicher gehoben und eben so sicher gesenkt werden könne. Zur Entscheidung dieser Frage wurde nochmals eine Commission berufen, die ohnerachtet der heftigen Widersprüche Seitens der Marine-Offiziere sich doch schliefslich für jene Methoden aussprach. Am 6. Juni 1784 wurden beim niedrigen Wasser die 64 Tonnen angebracht, welche den Kegel heben sollten, und nachdem das Wasser 9 Fufs neben dem Kegel gestiegen war, so erhob er sich und schwamm ganz regelmäfsig, ohne sich nach einer Seite überzuneigen. Vier grofse Prahme mit Erdwinden versehn, waren auf dem Wege, den er durchlaufen sollte, vorher vor Anker gelegt. Indem der Wind südlich war, so trieb der Kegel sogar von selbst seiner Richtung zu, aber der Transport verzögerte sich doch in hohem Grade, indem die sehr schweren Schlepptaue wiederholentlich in Unordnung kamen, und wegen ihres übermäfsigen Gewichtes nicht schnell umgelegt werden konnten. Man sah sich sogar mehrmals gezwungen, sie zu durchschneiden und durch andre zu ersetzen. Endlich entschlofs sich de Cessart, statt der Winden einige Segelschiffe vorzuspannen, die dann nach 6½ Stunden den Kegel in die vorher bestimmten Alignements brachten, wo er vor Anker gelegt wurde.

Der Transport hatte sich so sehr verzögert, dafs das Niedrigwasser bereits vorüber war, als mit dem Ablösen der Tonnen der Anfang gemacht werden sollte. Es trat also die Besorgnifs ein, dafs der Kegel von der bereits beginnenden Fluth aufs Neue gehoben und bei unruhiger See zerschlagen werden möchte. Namentlich fürchtete dieses der Festungs-Commandant, und gegen de Cessarts Anordnung liefs er schleunig einen Trupp Soldaten auf den Kegel kommen, welche so schnell, wie möglich, die Taue, woran die Tonnen hingen, durchschneiden mufsten. Dieses geschah indessen ganz ungleichmäfsig, und der Erfolg war, dafs der Kegel sich sehr stark überneigte. Die Ingenieure setzten es mit Mühe durch, dafs nur an der Seite, wo der Kegel sich am meisten hob, das Abschneiden fortgesetzt werden durfte, und so stellte sich denn schliefslich der Kegel wieder senkrecht, und erreichte in dieser Stellung den Grund.

Bei dieser Gelegenheit zeigte sich, wie de Cessart erzählt, eine ganz unerwartete Erscheinung. Der Grund lag nämlich 10 Fufs höher, als man geglaubt hatte. Der Kegel sollte bei Nie-

ligwasser 42 Fuſs eintauchen, er tauchte wirklich aber nur 32 Fuſs in. Dieser Irrthum ist für die ganze Anlage im höchsten Grade achtheilig geworden, denn dieser erste Kegel war unglücklicher Weise derjenige, der nächst der Insel Pelée das Ende des Dammes ilden sollte. Gleich beim Versenken desselben zeigte sich also hon, daſs die östliche Einfahrt der Rhede nicht die nöthige Tiefe abe, um bei allen Wasserständen das Einlaufen von Linienschiffen u gestatten. De Cessart sagt bei dieser Gelegenheit, daſs die Tienmessungen nicht von ihm, sondern von der Militär-Behörde geacht worden seien, und ihm sogar nicht gestattet gewesen, sich on der Richtigkeit derselben zu überzeugen. In dem von de Cesart aufgestellten Projecte ist, soweit er dasselbe mittheilt, von genauen Sondirungen gar nicht die Rede, und wie sich aus andern eschreibungen dieses Baues ergiebt, so wurde die Lage des Welenbrechers und seine Begrenzung ganz unabhängig von allen nauschen Verhältnissen, allein nach militärischen Rücksichten bestimmt. er Damm ist nicht in einer geraden Linie, noch auch in einem ogen, sondern in zwei Linien gezogen worden, deren Verlängeungen das Fort von Querqueville und das auf der Insel Pelée treffen. Der längere Flügel liegt auf der Seite des stärkeren Forts, er erste dagegen nähert sich dem letztbenannten Fort bis auf 250 Ruthen. Der dazwischen liegende Zugang zur Rhede konnte also uch in damaliger Zeit ziemlich sicher bestrichen werden. Dieser rsprünglich beabsichtigte Endpunkt des Wellenbrechers ist bekannt, veil hier der erste Kegel wirklich versenkt wurde, wie weit sich agegen der Damm dem Fort Querqueville nähern sollte, ist zweielhaft. Legt man die von de Cessart bezeichnete Länge von 2000 Toisen zum Grunde, so hätte der westliche Endpunkt noch etwa 0 Ruthen weiter herausgerückt werden müssen, als er jetzt liegt, nd die westliche Einfahrt wäre gleichfalls beschränkt worden. Es st indessen, wie sich aus dem ferneren Verlauf des Baues ergiebt, ehr wahrscheinlich, daſs es wirklich Absicht gewesen, den westlihen Flügel eben so sehr dem Fort Querqueville zu nähern, wie der stliche dem Fort Pelée genähert wurde. Auf solche Weise würde nan eine sehr sichere Rhede gebildet haben, die jedoch keinen Zugang gehabt hätte.

Die Mittheilungen von de Cessart, die vorzugsweise hierüber inige Auskunft geben, sind indessen sehr zweifelhaft, und es ist

wahrscheinlich, dafs der Erbauer bei seinem vermeintlichen practischen Sinne genaue Local-Untersuchungen für ganz entbehrlich hielt, und selbst beim Versenken des ersten Kegels nicht bemerkte, dafs derselbe die östliche Einfahrt zur Rhede sperrte. Hätte er dieses wahrgenommen, so würde er doch jedenfalls diesen Gegenstand zur Sprache gebracht, und den Kegel, der noch lose auf dem Grunde stand, wieder zu heben, oder ganz zu beseitigen sich bemüht haben. Dieses Alles unterliefs er nicht nur, sondern nahm sogar keinen Anstand, später einen neuen Kegel noch weiter ostwärts aufzustellen, wodurch die Brauchbarkeit des östlichen Zuganges noch mehr beschränkt wurde. Wenn aber de Cessart des bemerkten Irrthumes Erwähnung thut, und sich dabei entschuldigt, so darf nicht übersehn werden, dafs seine Beschreibung der dortigen Arbeiten noch das Jahr 1791 umfafst, also aus späterer Zeit herrührt, und dafs im Jahre 1789, in Folge der zufälligen Entdeckung, dafs die östliche Einfahrt nicht die nöthige Tiefe habe, zum ersten Male eine genaue Sondirung der ganzen Rhede vorgenommen wurde, deren sehr ungünstige Resultate er ohne Zweifel erfahren hatte.

Anfang Juli 1784 wurde der zweite Kegel versenkt, derselbe, dessen unterer Theil im Havre zum Probeversuche bereits benutzt worden war. Er wurde auf der westlichen Seite des ersteren so nahe demselben gestellt, dafs zwischen beiden Grundflächen nur ein freier Zwischenraum von 6 Fufs Breite übrig blieb. Dieser Kegel war bis zur Höhe des niedrigen Wassers mit Steinen gefüllt, als er bei einem heftigen Sturme im August desselben Jahres in seinem obern Theile stark beschädigt wurde. Der Minister kam selbst nach Cherbourg, um sich von der Ausdehnung dieser Beschädigungen zu überzeugen. De Cessart meint, dieselben seien nicht von Bedeutung gewesen, doch besagen andre Nachrichten das Gegentheil und sprechen auch von manchen Schäden, die der erste Kegel gleichzeitig erlitten hatte, der doch vollständig mit Steinen gefüllt gewesen war.

Der Bau wurde indessen nicht unterbrochen, vielmehr sollte er so beschleunigt werden, dafs im nächsten, so wie in den folgenden Jahren immer je zehn Kegel zur Ausführung kämen. Dabei wurde jedoch die möglichste Ermäfsigung der Kosten anbefohlen. De Cessart erklärte Beides für unmöglich, um jedoch eine Ersparung eintreten zu lassen, so schlug er vor, man solle den zweiten, also den

zerstörten Kegel, nicht wiederherstellen, vielmehr den dritten unmittelbar daneben versenken, und diesen mit dem ersten versuchsweise durch einen Damm verbinden, der aus schweren Steinen geschüttet würde. Sollte dieser Versuch befriedigend ausfallen, so möge man eben so lange Zwischendämme auch später zur Anwendung bringen, und zu diesem Zwecke die Kegel in 50 Toisen Entfernung von einander versenken. Die Anzahl der nöthigen Kegel würde sich dadurch auf 64 reduciren.

Nachdem der Minister sich davon überzeugt hatte, dafs auch dieser gröfsere Abstand das Durchdringen feindlicher Kriegsschiffe nicht besorgen lasse, oder dafs solches doch durch herübergezogene Ketten leicht zu verhindern sein werde, so genehmigte er, dafs die Kegel nunmehr in Abständen von 50 Toisen versenkt werden sollten. Als jedoch im Jahre 1785 der dritte Kegel fertig war, wurde derselbe 106 Toisen entfernt von dem zweiten gestellt, doch scheint es, dafs man später noch einen vierten zwischen beiden anbrachte und bis zum siebenten Kegel die Entfernungen ungefähr auf 50 Toisen beschränkte.

Im Mai 1786 wurde der achte Kegel in Gegenwart des Grafen von Artois versenkt, und zugleich der Befehl gegeben, dafs der folgende Kegel schleunigst fertig gestellt werden solle, weil der König Ludwig XVI. den Transport und das Niederlassen eines Kegels selber zu sehn wünsche. Nachdem ein Geschwader von 17 Kriegsschiffen auf der Rhede eingetroffen war, kam der König am 22. Juni Abends an, doch war seine Zeit sehr beschränkt, das Schauspiel mufste also möglichst bald begonnen und beendigt werden. Der neunte Kegel, der auf der westlichen Seite sich an die Reihe der bisher aufgestellten anschliefsen sollte, war fertig. Der Transport an diese Stelle war aber bei dem westlichen Winde schwieriger und zeitraubender, als wenn man ihn nach der Ostseite des projectirten Dammes gebracht hätte. Dazu kam noch, dafs ein bequemer und zwar ein fester Altan in der Nähe erbaut werden mufste, von welchem aus der König, ohne den Schwankungen eines Schiffes ausgesetzt zu sein, die Versenkung beobachten konnte. Unter allen bisher aufgestellten Kegeln befand sich aber gerade der erste noch im besten Zustande, der also die gröfste Sicherheit bot, um diesen Altan zu tragen.

Beide Umstände erschienen so wichtig, dafs es nicht weiter

darauf ankam, ob die östliche Einfahrt, der die erforderliche Tiefe bereits fehlte, durch neues Vorschieben des Dammes noch mehr verdorben würde. De Cessart war hierzu schnell entschlossen, doch fragte er bei dem Commandanten an, und dieser erklärte, die Breite der Mündung könne, ohne das Einlaufen eines Geschwaders zu erschweren, um 50 Toisen vermindert werden. In dieser Absicht wurde der Kegel auf die Ostseite des ersten gebracht, doch war er zufällig zu weit von demselben fortgetrieben und man mufste ihn wieder zurückwinden. Dieses machte indessen Schwierigkeit, weil man zu lange und zu schwere Taue gewählt hatte, und um den König nicht warten zu lassen, so wurde der Kegel noch um 35 Toisen weiter, nämlich 85 Toisen vom ersten entfernt, vor Anker gelegt und versenkt. Es ist unbegreiflich, mit welcher Unbefangenheit de Cessart diese beispiellosen Miſsgriffe erzählt, doch fügt er hinzu, dafs der König ihm seine volle Zufriedenheit ausgedrückt und alle betheiligten Ingenieure mit Geschenken und Auszeichnungen bedacht habe.

Das so eben beschriebene Ereignifs bildete nicht allein den practischen Glanzpunkt, sondern auch sehr auffallend den Wendepunkt in der Geschichte dieses Hafenbaues. In demselben Jahre wurde noch ein Kegel und 1787 fünf andre versenkt, der Commandant liefs sie aber in Abständen von 140 Toisen von einander aufstellen. De Cessart klagt, dafs sie wie isolirte Klippen erscheinen, und weder den Wellenschlag mäfsigen, noch auch sich gegenseitig unterstützen können.

1788 waren wieder fünf Kegel verbunden, doch erklärte der Commandant, er wolle keinen mehr versenken, weil sie doch keinen Bestand haben, und noch weniger irgend welchen Einflufs auf den Wellenschlag erkennen lassen. Auf die Entscheidung des Ministeriums wurden jedoch drei derselben noch aufgestellt, nachdem sie zuvor bis zum niedrigsten Wasser abgeschnitten waren, weil die Erfahrung ergab, dafs der obere Theil in der kürzesten Zeit durch Wellenschlag zerstört wurde. Der Abstand dieser drei Kegel unter sich und gegen den nächst vorhergehenden betrug 250 Toisen. Die beiden übrigen Kegel wurden auf der Baustelle verkauft.

Hiermit schliefst die Geschichte dieser neuen Erfindung im Hafenbau, die selbst in damaliger Zeit, wo die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen Länder nur sehr beschränkt waren, in der ganzen civilisirten Welt grofse Aufmerksamkeit erregte, und im

llgemeinen wohl Bewunderung erweckte. Die 18 Kegel waren über le ganze Länge des gegenwärtigen Wellenbrechers vertheilt, doch waren ihre Abstände, wie erwähnt, sehr verschieden.

Der auf der östlichen Ecke aufgestellte Kegel erhielt sich m längsten, indem er erst im Jahre 1800 von den Wellen zerchlagen wurde, er hatte also 14 Jahre 9 Monate gestanden. Die ächst stehenden, bis zu demjenigen, der in Gegenwart des Grafen on Artois versenkt wurde, erhielten sich durchschnittlich 3½ Jahre nd die letzten neun, von denen nur ein einziger ein halbes Jahr ng bestand, zerfielen durchschnittlich schon in 3 Monaten, indem e theils von den Würmern zerfressen, theils von den Wellen abbrochen wurden.

Die 18 Kegel, mit Einschlufs der auf der Baustelle verkauften, wie auch mit Hinzurechnung der Kosten ihrer Anfüllung mit einen, hatten sehr nahe 4¼ Millionen Francs oder 1⅛ Million Tha· gekostet. Bis zum Anfang des Jahres 1791 waren indessen, wohl der Bau der Kegel aufgehört hatte, auf diesen Damm 21¾ llionen Francs verwendet, also bei Weitem die Hauptsumme auf e Steinschüttungen zwischen den Kegeln. Zu den letzren hatte man bald so wenig Vertrauen, dafs man schon im Jahre '89 die Reste aller Kegel, soweit die Verbandstücke derselben ch vorhanden waren und zur Zeit des niedrigen Wassers frei rden, abschnitt oder aushob und beseitigte.

Es ist bereits erwähnt worden, wie wenig bei dem ganzen Bau e vorhandenen Tiefen beachtet waren. De Cessart beschwert ch wiederholentlich, dafs der Commandant ihm diese falsch angeben habe, und dafs daher die Kegel, die sämmtlich einige Fufs er den Wasserstand der Aequinoctial-Springfluthen vorragen soll-n, bald um 10 Fufs zu hoch und bald wieder um eben soviel zu edrig waren. Endlich im Anfange des Jahres 1789 unternahm n Marine-Offizier, Namens de Chavagnac, aus eignem Antriebe ne nähere Untersuchung der Rhede, und fand zu seinem Erannen, dafs an der östlichen Ecke des Dammes die Tiefe beim edrigsten Wasser nur 25 Fufs betrug und nach der Insel Pelée n sich immer mehr verminderte, dafs also die östliche Einfahrt ir bei mittleren und höheren Wasserständen von Linienschiffen behren werden könne. Auch die westliche Einfahrt, die, wie es heint, durch weitere Herausführung des Dammes noch mehr ver-

engt werden sollte, wurde durch ein Felsriff theilweise gesperrt, welches so weit vortrat, dafs im Abstande von 300 Ruthen von dem Fort Querqueville beim kleinen Wasser die Tiefe nur 15 Fufs betrug.

De Chavagnac machte hiervon sogleich Anzeige und es wurde darauf (im Juli 1789) zum ersten Male eine genaue Tiefenmessung angeordnet. Dieselbe bestätigte vollständig die Richtigkeit dieser ersten Untersuchung, und in Folge dessen erging sogleich der Befehl, dafs der Damm auf der westlichen Seite nicht weiter verlängert werden solle. Dabei trat freilich der grofse Uebelstand ein, dafs das Fort Querqueville zu weit entfernt lag, als dafs von demselben aus der Eingang noch sicher hätte bestrichen werden können. Man hat sich deshalb später gezwungen gesehn, noch ein isolirtes Fort in der Nähe des tiefen Fahrwassers zu erbauen, dem man den Namen jenes Marine-Officiers, Fort de Chavagnac, beilegte. In dem Situationsplane Fig. 108 ist letzteres angegeben, so wie darin auch die Tiefen-Linien nach neueren See-Charten bezeichnet sind.*)

Die sehr bedeutenden Steinschüttungen, die noch bis zum Jahre 1792 fortgesetzt wurden, erreichten durchschnittlich die Höhe des niedrigsten Wassers und es ragte darüber nur der Kegel an der östlichen Ecke des Dammes hervor, der in seinem obern Theile in Cement ausgemauert war. In diesem Zustande blieb der Damm eine Reihe von Jahren, da während der Revolutions-Zeit die weitere Fortsetzung der Arbeiten unterbleiben mufste. Nichts desto weniger liefs die gesetzgebende Versammlung im Jahre 1792 sich von einer besonders dazu niedergesetzten Commission über den Stand des Baues, so wie über dessen bisherige Erfolge und über die passendste Art seiner Vollendung Bericht erstatten. Mitglieder dieser Commission waren theils See- und Ingenieur-Offiziere, aufserdem aber zwei sehr namhafte Wasserbau-Beamte, nämlich Lamblardie und Cachin.

Das Gutachten derselben besagte, dafs die bisher ausgeführte

---

*) Die vorstehenden Mittheilungen sind vorzugsweise aus dem bereits erwähnten Werke von de Cessart entnommen, die folgenden dagegen aus dem „Mémoire sur la digue de Cherbourg von Cachin, Paris 1820,“ und aus den „travaux d'achèvement de la digue de Cherbourg“ von J. Bonnin. Paris 1857.

ıüttung aus Stücken bestände, die durchschnittlich nur $\frac{1}{4}$ Pa-
:bikfuſs, also etwas weniger, als $\frac{1}{4}$ Rheinländischen Cubikfuſs
Dieselben seien bis auf 15 Fuſs unter dem kleinsten Was-
r stark durch die Wellen vertrieben worden. Diejenigen
welche an der Südseite auf der Kante der Krone liegen,
ı sich gegen den Stoſs der Wellen nur halten, wenn ihr
ıt, mit Rücksicht auf die Verminderung desselben im Wasser,
Angriffe hinreichenden Widerstand leistete. Der Damm war
ısweise auf eine Länge von 50 Toisen mit Steinen von 15
Cubikfuſs überdeckt, und es ergab sich, daſs diese kaum merk-
rwegt waren und der gröſste Theil sogar seine Lage ganz
ndert beibehalten hatte. Die sehr steile Böschung auf der
:e, von $1\frac{1}{2}$facher Anlage, hatte sich unverändert erhalten, der
Theil der Schüttung war dagegen eingesunken, und nament-
igten sich sehr starke Angriffe an den Stellen, wo die Kegel
eichmäſsigkeit der Schüttung unterbrachen. Auſserdem be-
ı man auch, daſs die oben liegenden kleineren Steine abge-
und vom Seetang frei waren, der sich sonst sehr stark an-
t hatte. Hieraus ergab sich, daſs sie in dauernder Bewegung
. Die Commission entschied sich daher, daſs es zur gehöri-
tabilität des Dammes nothwendig sei, ihn mit Steinen von 15
Cubikfuſs (16,8 bis 22,4 Cubikfuſs Rheinländisch) zu über-
ı.

'm zu ermitteln, welche Höhe der Damm haben müsse, um
'ellen auf der Rhede so weit abzustillen, wie die Sicherheit
ıselbst liegenden Schiffe dieses erfordert, so wurden zuverläs-
ieeleute, welche den Hafen häufig besuchten, über die bis-
:e Wirkung des Dammes befragt. Sie erklärten einstim-
laſs selbst bei heftigem Seewinde die Rhede zur Zeit des nie-
ı Wassers sehr ruhig bleibe, daſs jedoch mit dem Steigen des
ırs die Bewegung zunehme, und zwei Stunden vor Hochwas-
ıfährlich werde. Es habe sogar den Anschein, daſs die Wel-
ıdem sie alsdann über den niedrigen Damm treten, eine noch
ıre Bewegung annehmen, wodurch namentlich diejenigen Schiffe
ıt werden, die in der Nähe des Dammes ankern. Die Com-
n schloſs hieraus, daſs der Damm, wenn er bei allen Was-
ıden einigermaaſsen wirksam sein sollte, wenigstens bis auf
ıſs unter Hochwasser der Springfluthen, oder $7\frac{1}{2}$ Fuſs über

Niedrigwasser derselben sich erheben müsse. Dieses sei jedoch das geringste Maafs. Solle die Rhede so geschützt werden, dafs man sie stets mit Chaloupen befahren kann, so müsse die Krone 8 Fufs höher liegen. Schliefslich empfahl jedoch die Commission, den Damm sogar bis 9 Fufs über das Hochwasser der Springfluthen aufzuführen.

Die Frage in Betreff der Vertheidigung der Rhede führte zu der Ueberzeugung, dafs auf dem Wellenbrecher selbst einige Forts angelegt werden müfsten, aber die Marine-Offiziere erklärten dieses für unmöglich, weil die Wellen hier jede Anlage der Art zerstören würden. Dieses Bedenken war Veranlassung, dafs ein zweiter Damm vom Fort Querqueville aus projectirt wurde, der sich dem westlichen Ende des Wellenbrechers bis auf 300 Ruthen nähern und mit einem Fort versehn sein sollte. Die Erbauung des letzteren würde aber, wie man meinte, weniger Schwierigkeiten bieten, insofern die Wassertiefe daselbst bedeutend geringer war.

Diese Ansichten wurden Seitens der Regierung gebilligt, doch konnte denselben wegen der nunmehr ausbrechenden politischen Stürme nicht weiter Folge gegeben werden. Die Arbeiten bei Cherbourg blieben während voller zehn Jahre unterbrochen, bis am Schlusse des Jahres 1802 ihre schleunige Fortsetzung angeordnet wurde. Es handelte sich indessen damals weniger darum, die Rhede gegen Wellenschlag, als vielmehr gegen feindliche Angriffe zu sichern. Es sollte demnach der mittlere Theil des Dammes auf 100 Toisen (nahe 52 Ruthen) Länge bis auf 9 Fufs über die höchsten Fluthen erhöht werden, um daselbst eine Batterie aufzustellen. Für die beiden Endpunkte des Dammes wurden ähnliche Anlagen in Aussicht genommen, die jedoch zunächst noch unterblieben, während die Arbeiten auf dem mittleren Theile in zwei Jahren beendigt sein sollten.

Sehr wichtig sind die Beobachtungen, die man in dieser Zeit über die Ablagerung der Steinschüttungen machte. Letztere waren seit dem Jahre 1784 ziemlich unregelmäfsig, jedoch in solcher Höhe aufgebracht, dafs sie sich bis über das Niedrigwasser zur Zeit der todten Fluthen erhoben. Gegenwärtig war dieses nicht mehr der Fall, die Krone hatte sich vielmehr im Allgemeinen etwa um 15 Fufs gesenkt. Fig. 109 zeigt in der Umgrenzung *DEFG* das Profil, welches bei allen Messungen sich ungefähr wiederholte. Die Böschung auf der innern, oder auf der der Rhede zugekehrten

war 45 Grade gegen den Horizont geneigt, dagegen hatte die
seitige Dossirung in ihrem obern Theile die Anlage von 1 zu 7,69
in unten Theile von 1 zu 1,43 angenommen. Es litt auch
inen Zweifel, dafs die innere, sehr steile Böschung durch das Her-
herfallen derjenigen Steine entstanden war, die früher die Krone dar-
gestellt hatten. Aufserdem überzeugte sich die Commission davon,
dafs keine andre Bewegung der Steine eintreten könne, als diejenige,
welche der Stofs der Wellen ihnen mittheilt, und dafs in Folge des-
en die Steine ziemlich steile Flächen ersteigen und in solcher Art
den innern Rand der Krone erreichen, von dem sie herabstürzen
und eine so steile Ablagerung bilden, wie solche in stehendem Was-
ser sich nur erhalten kann.

Diese Vervollständigung des Dammes, die allein zu militärischen
Zwecken dienen sollte, war von einer Militär-Behörde angeordnet,
dieselbe hatte zugleich bestimmt, dafs nur Ingenieur-Offiziere
Bau ausführen sollten. Es ereignete sich jedoch, dafs der Offi-
dem dieser ehrenvolle Auftrag ertheilt war, denselben ablehnte,
der Wasser-Transport und die Verschüttung der grofsen Stein-
en mit sonstigen Festungs-Bauten nichts gemein habe, und da-
nur von solchen Männern mit Erfolg angeordnet und beaufsich-
werden könne, welche mit Arbeiten an der See näher bekannt
darin geübt wären. Die Regierung, und zwar vorzugsweise
der erste Consul oder der spätere Kaiser, erkannte die Rich-
it dieses Bedenkens an, und indem er zu Cachin volles Zu-
n gefafst hatte, so übertrug er diesem die Ausführung. Der
lg rechtfertigte vollständig die Wahl.

Die sämmtlichen Steinbrüche in der Nähe von Cherbourg wur-
noch im Herbste desselben Jahres wieder eröffnet, aber die
ichtung von Zufuhrwegen nach dem Ufer, von Landebrücken
Verladen der Steine, vor Allem aber die Beschaffung der nö-
n Fahrzeuge machte sehr grofse Schwierigkeiten. Die vor ei-
n Jahren zu einer Landung in England bestimmten Kanonen-
wurden zunächst für die Steintransporte zur Disposition ge-
, doch ergab sich bald, dafs dieselben theils für diesen Zweck
uglich, theils aber auch bereits gar zu schadhaft geworden wa-
Der Versuch, die hierzu geeigneten Handelsschiffe aufzukau-
führte gleichfalls zu keinem befriedigenden Resultate, und so
endlich nur die Erbauung neuer Fahrzeuge übrig.

Am Schlusse des Jahres 1803 war der mittlere Theil des Dammes bis zum Niedrigwasser bei todten Fluthen erhöht worden, und nunmehr glaubte man die Verwendung schwererer Blöcke nicht mehr aussetzen zu dürfen, um ein ferneres Abwaschen der Krone zu verhindern. Es wurden demnach gröfsere Blöcke auf den innern Rand der Krone aufgebracht, und aus denselben die sehr steil profilirte Schüttung *ABC* gebildet. Die Steine, welche seewärts sich dagegen lehnten, durften, wie man voraussetzte, keine bedeutende Gröfse haben, und man zog von ihrer Beweglichkeit im Wellenschlage sogar den Vortheil, dafs man sie, wie es sich von den Fahrzeugen aus am bequemsten thun liefs, auf den äufsern Rand der Dossirung bei *MN* warf, von wo aus sie durch die Wellen heraufgetrieben und gegen die Schüttung der gröfsern Steine gelehnt wurden, so dafs endlich das Profil *DEABHIK* sich bildete.

Dieses Profil wurde mit schweren Steinen bedeckt, die bald bis auf 60 und 80 Cubikfufs sich vergröfserten, indem die Anstalten zu ihrem Transporte sich nach und nach verbesserten und die dabei angestellten Arbeiter mehr Uebung gewannen. Am schwierigsten war die Ueberdeckung des obern Theiles des Dammes, weil die Schiffe hier nicht mehr darüber gebracht und aus denselben die Steine nicht mehr unmittelbar verstürzt werden konnten. Man half sich indessen mit verschiedenen Hebe-Böcken und Krahneu, um so viel wie möglich die kleineren Steine nicht der unmittelbaren Einwirkung der Wellen auszusetzen.

Diese Arbeiten wurden so beschleunigt, dafs schon im Jahre 1803 der mittlere Theil des Dammes auf 100 Toisen Länge und 10 Toisen Breite bis auf 9 Fufs über Aequinoctial-Springfluthen erhöht war. Im August desselben Jahres wurden auch bereits sechs Geschütze darauf aufgestellt. Im December stürzte jedoch die seeseitige Schutzmauer ein, die man nur aus kleinen Steinen aufgeführt hatte. Die Schüttung an sich erlitt dabei keine Beschädigung und die 60 Mann, die hier nothdürftig casernirt waren, kamen dabei in keine Gefahr.

In den nächsten Jahren wurde diese kleine Insel unter Anwendung sehr grofser Steinblöcke, deren Fugen mit zähem Thon verstrichen waren, noch weiter ausgedehnt und erhöht und so sehr gegen die Angriffe der See gesichert, dafs man in dieser Beziehung jede Gefahr beseitigt glaubte. Die Stürme im Februar und Mai des

hres 1807 veranlafsten indessen einige sehr bedenkliche Beschädi-
ngen, die zwar bald wiederhergestellt wurden, jedoch erkennen
fsen, dafs selbst die gröfsten Blöcke einzeln dem Stofse der Wel-
n nicht widerstehn konnten. Man schmeichelte sich jedoch mit
r Hoffnung, dafs der Wellenschlag diese mit der Zeit so gegen
nander lehnen und der ganzen Steinmasse solche Dossirung geben
rde, dafs die ferneren Bewegungen aufhören müfsten.

Der sehr heftige Nordwest-Sturm am 12. Februar 1808 zeigte
lessen, dafs eine solche Sicherheit noch lange nicht erreicht sei.
e seeseitige Dossirung mit den Brustmauern wurde zer-
ört, eben so die hölzernen Gebäude, die hinter derselben errich-
waren. Die Besatzung, aus einigen hundert Mann bestehend,
nd grofsentheils ihren Tod in den Wellen, und nur die Wenigen
urden gerettet, die in den gemauerten Cisternen und Latrinen
hutz gesucht hatten. Das ganze Werk zeigte darauf dasselbe
ld, welches ein Bergsturz bietet. Grofse Steinblöcke von der see-
itigen Dossirung gelöst, überdeckten die Krone, von der alle künst-
hen Anlagen beseitigt waren, mit alleiniger Ausnahme derjenigen,
s ein in sich verbundenes festes Mauerwerk darstellten. Indem
an die Position nicht aufgeben wollte, so begnügte man sich vor-
ufig damit, eine solide Brustmauer an der Seeseite aufzuführen und
gen diese die sehr flache Böschung *AB*, Fig. 110, aus grofsen
nd sorgfältig versetzten Steinblöcken zu lehnen, dagegen die hier
schliefsende Böschung *BCDEF* ganz unverändert zu lassen, weil
ese, wie sich aus der Vergleichung mit früheren Profilmessungen
gab, während des heftigen Sturmes keine Veränderung erlitten
atte. Das kleine massive Gebäude im Schutze der Brustmauer
ente zur Aufnahme der 60 Mann, die nunmehr allein die Besatzung
eses provisorischen Forts bilden sollten. Diese Anlage hielt
ch auch unversehrt, bis nach einigen Jahrzehnden endlich die we-
ntlich veränderten Constructionen zur Ausführung kamen, von de-
en im Folgenden die Rede sein wird.

Dieselbe Figur zeigt auf der Binnen-Seite noch die Anfänge
nes späteren Baues, der unter dem 7. Juli 1811 vom Kaiser be-
chlossen und gleich darauf auch begonnen wurde. Es sollten näm-
ch für einen elliptischen Thurm von 35 Toisen Länge und 19 Toi-
en Breite, die Fundamente, aus grofsen und regelmäfsig versetz-
en Steinen bestehend, im Niveau der niedrigsten Ebben dargestellt

werden. Man überdeckte diese mit mehreren Lagen starker Schieferplatten, und darüber wurde ein 28 Fufs hoher massiver Mauerkörper gestellt, der das thurmartige Fort tragen sollte. Um spätern Senkungen zu verhindern, überpackte man dasselbe noch einige funfzig Fufs hoch mit trockenen Steinen, belastete es also viel stärker, als dieses später durch den Thurm geschah. Die Weiterführung des Werkes unterblieb wegen der bald darauf eintretenden wichtigen politischen Ereignisse. In diesem Zustande sah ich noch im Anfange des Jahres 1823 den Wellenbrecher. Bei niedrigem Wasser trat er in seiner ganzen Länge vor, während die Steinpackung in der Mitte schon in weiter Entfernung hinter Cherbourg sichtbar war, und bei allen Wasserständen wie eine kleine und hohe Insel erschien.

Während der ganzen Zeit, dafs das Werk sich selbst überlassen blieb, konnte man bei verschiedenen Nachmessungen keine Veränderung des Profiles bemerken, und dafs ein gewisser Beharrungsstand desselben eingetreten sei, liefs sich schon seit dem Jahre 1808 aus dem Umstande schliefsen, dafs die Profile, die damals gemessen wurden, in den wesentlichsten Punkten übereinstimmten, wiewohl die Steinschüttungen in ganz verschiedener Form dargestellt waren. Cachin theilt die Resultate dreier Profil-Messungen mit, die theils in der Mittellinie und theils auf beiden Seiten des erhöhten Theiles, wie er sagt, mit der gröfsten Sorgfalt gemacht und im Jahre 1816 nochmals wiederholt, und im Allgemeinen bestätigt gefunden wurden. Die dabei gewählten Grenzen, die in nachstehender Tabelle durch „höchstes und niedrigstes Wasser" bezeichnet sind, beziehn sich auf die Aequinoctial-Springfluthen,*) und die absoluten Maafse sind in Metern ausgedrückt.

*) Wenn der Fluthwechsel in diesen Mittheilungen verschiedentlich angegeben ist, so rührt dieses davon her, dafs man ihn in früherer Zeit weniger scharf bestimmt hatte. Eine Berichtigung liefs sich dabei aber nicht einführen, ohne die Maafse wesentlich zu entstellen.

Böschungen des Cherbourger Dammes auf der Seeseite.

	Profil.	vertikaler Abstand.	horizontaler Abstand.	Anlage.
I. Ueber dem höchsten Wasser . . .	1	10,00	5,69	1,76
	2	8,00	3,71	2,16
	3	8,60	5,20	1,65
durchschnittlich . .	—	—	—	1,86
II. Zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasser	1	38,20	6,90	5,54
	2	37,00	7,14	5,18
	3	39,00	7,06	5,52
durchschnittlich . .	—	—	—	5,41
II. Zwischen dem niedrigsten Wasser und 5 Meter (16 Fuſs) darunter	1	15,70	5,40	2,91
	2	15,00	5,10	2,94
	3	15,80	4,90	3,22
durchschnittlich . .	—	—	—	3,02
V. Weiter abwärts bis zum Grunde . .	1	10,00	7,80	1,28
	2	12,00	8,00	1,50
	3	8,50	8,50	1,00
durchschnittlich . .	—	—	—	1,26

Die Uebereinstimmung der Böschungen in diesen Profilen ist die mit II und III bezeichneten Abtheilungen in der That überhend, und deutet mit groſser Sicherheit darauf hin, daſs dieselbe iche in allen drei Fällen wirksam gewesen, daſs also unter ähnn Umständen auch dieselben Erfolge zu erwarten sind. Grö- Verschiedenheiten zeigen sich dagegen in den beiden andern neilungen.

Es könnte befremden, daſs die vertikalen Abstände zwischen höchsten und dem niedrigsten Wasser in den drei Profilen

nicht genau übereinstimmen, da bei der geringen Entfernung derselben von einander, doch unmöglich in dieser Beziehung eine so auffallende Verschiedenheit stattfinden kann. Noch mehr dürfte es befremden, dafs auch in der III. Abtheilung, die durch bestimmte Maafse in der Höhe begrenzt wird, gleichfalls Abweichungen vorkommen. Cachin erklärt nicht diese Anomalien, ein Irrthum ist indessen keineswegs anzunehmen, vielmehr mufs man die Ursache hiervon in der unregelmäfsigen Gestaltung der Oberfläche suchen, die bei der Gröfse der einzelnen Blöcke unmöglich sich vollständig ausebnen konnte. Es sind daher wahrscheinlich einzelne Steine ausgesucht, welche die allgemeine Form des Profiles am besten bezeichneten, und diese trafen natürlich nicht immer in denselben Horizont.

Die II. Abtheilung, zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wasser, ist nahe übereinstimmend in allen drei Profilen im Verhältnisse von 1 : 5,41 oder um 10½ Grade gegen den Horizont geneigt. Dieses ist die Strecke, welche bei sandigen Ufern dem eigentlichen Strande entspricht, wo die auflaufenden Wellen und die zurückfliefsenden Wassermassen die in der Oberfläche befindlichen Körper hin- und hertreiben. Wenn die Neigung hier bedeutend steiler, als gewöhnlich ist, so erklärt sich dieses aus der Gröfse der Steine. Schon die in § 5 mitgetheilten Beobachtungen ergaben, dafs bei gleicher Stärke der Wellen der Strand um so steiler wird, je gröber das Material ist.

Von diesem eigentlichen Strande werden durch die Wellen die einzelnen Körner, also hier die grofsen Steine, theils heraufgeschoben, theils aber auch herabgezogen, sie sammeln sich also, soweit sie die letzte Bewegung angenommen haben, zunächst weiter abwärts an. Sie sind hier aber keineswegs sich selbst und allein der Wirkung ihres eignen Gewichtes überlassen, vielmehr werden sie noch von der Wellenbewegung sehr stark getroffen, sie können sich daher, wenn sie auch zur Ruhe gelangen, nur in einer flachen Ablagerung erhalten. Dieses ist die III. Abtheilung des Profiles, die indessen passend wohl nicht durch einen Horizont in bestimmter Tiefe, vielmehr durch die zufällige Höhenlage des Fufses dieser Ablagerung begrenzt wird. Unterhalb dieser Grenze, oder in der IV. Abtheilung hört die Wirkung der Wellen auf, die Ablagerung bleibt also unverändert in derselben Form, wie sie durch äufsere Umstände oder durch

künstliche Anschüttung ursprünglich entstanden war. Ganz an-
rs verhält es sich mit der I. Abtheilung, die den obern Theil des
ofiles über dem höchsten Wasserstande umfafst. Es treten hier
i der verschiedenen Stärke der Wellen wahrscheinlich die gröss-
ı Aenderungen ein. Häufig, und wohl in den meisten Fällen,
rden Steine von der äufsern Böschung hieher getrieben, während
i besonders hohem Seegange diese ganze Abtheilung sich in einen
ichen Strand verwandelt. Die Verschiedenheiten, welche die drei
rofile in der I. und IV. Abtheilung zeigen, dürfen daher nicht be-
emden.

Aus dieser Vergleichung der gemessenen Profile mit der son-
igen Wirkung der Wellen ergiebt sich augenscheinlich, dafs wenn
e Formen sich auch ziemlich übereinstimmend darstellen und sich
uernd erhalten, dennoch die Ablagerungen keineswegs unverän-
rt bleiben. In gleicher Weise, wie der Meeresstrand, der dem
llen Andrange der Wogen ausgesetzt ist, im Allgemeinen zurück-
eicht, ohne in auffallender Weise seine Form zu verändern, so
schah wohl dasselbe mit diesem Damme. Sein Verhalten war
mjenigen einer wandernden Düne nicht unähnlich. Wie bei letz-
rer der Wind, so setzten hier die Wellen die einzelnen Steine der
sseitigen Dossirung in Bewegung, trieben sie bis zur Krone und
er diese fort, so dafs sie auf der innern Böschung niederstürzten.
hon Cachin besorgte solche Bewegungen und überdeckte daher
n innern Rand der Krone mit besonders grofsen Steinen. Dafs
er in dieser Weise der Damm sich wirklich bewegt hat, ergiebt
h unverkennbar aus den spätern Erfahrungen, wovon im Folgen-
n die Rede sein wird. Die Ansicht, als ob durch die Wahl des-
nigen Profiles, welches die Messungen ergaben, der aus losen Stei-
n bestehende Damm der Einwirkung der Wellen entzogen und
sichert werden könne, war daher keineswegs richtig, wie sich
eses auch aus den Erscheinungen an unsern Hafendämmen er-
ebt.

Dafs die Erbauung des Wellenbrechers bei Cherbourg die all-
meinste Aufmerksamkeit erregte, bedarf kaum der Erwäh-
ung. Das Werk war theils an sich so grofsartig, wie bisher noch
in ähnliches existirte, theils aber hatte man auch noch nie ver-
cht, eine so ausgedehnte Rhede zu schützen. Cachin erzählt, dafs
hon bei der Zusammensetzung und Versenkung der Kegel Engli-

sche Ingenieure sehr aufmerksame Zuschauer gewesen, und dafs dieselben beabsichtigt hätten, ähnliche Anlagen in England zur Ausführung zu bringen. Diese Mittheilung wird durch John Rennie bestätigt, doch darf man wohl annehmen, dafs die gewählte Construction nur sehr kurze Zeit hindurch zur Nachahmung verleiten konnte, weil ihre Unbrauchbarkeit schon nach wenig Jahren sich überzeugend herausstellte. Als jedoch seit dem Jahre 1802 die Steinschüttungen erhöht wurden, und zwei Jahre darauf der mittlere Theil des Dammes als weit sichtbare Insel über die höchsten Fluthen heraustrat, so erweckte dieses kein geringes Erstaunen bei den Englischen Schiffern. Noch mehr war dieses aber der Fall, als endlich die Ueberzeugung Eingang fand, dafs der Wellenschlag wirklich wesentlich durch diesen Damm gemäfsigt werde, und die Schiffe daher sicherer dahinter lagen.

Im Jahre 1811 beschlofs die Englische Regierung, die Bucht bei Plymouth in ähnlicher Weise gegen den Wellenschlag zu sichern. Unter den verschiedenen Projecten, die zu diesem Zwecke entworfen wurden, befand sich auch eines, vom General Bentham vorgelegt, wonach die Rhede durch eine Reihe von kreisförmigen, hohlen steinernen Thürmen abgeschlossen werden sollte.*) Dieses war augenscheinlich eine Nachahmung der von de Cessart anfangs verfolgten Ideen. Der Vorschlag von John Rennie, dem älteren, wurde indessen Seitens der Regierung gebilligt und 1812 die Ausführung desselben begonnen. Nach demselben bestand der mittlere gerade Theil des Wellenbrechers aus einem 1000 Yard, oder 242¾ Ruthen langen Damme, an den sich auf beiden Seiten unter Winkeln von 120 Graden zwei Flügel anschlossen von je 450 Yard oder 109¼ Ruthen Länge. Der Damm erhielt sonach die ganze Länge von 461¼ Ruthen, und zwar traten die beiden Flügel nach der Rhede zurück, so dafs die Schiffe im Schutze dieses Dammes um so sicherer lagen. Die Einfahrt auf der östlichen Seite behielt beim niedrigsten Wasser die Tiefe von 6 Faden, und diejenige auf der westlichen Seite von 7 bis 8 Faden. Der Damm sollte ferner nur bis zur halben Fluthhöhe heraufgeführt werden. Dieses entsprach wie-

*) Diese, wie die folgenden Mittheilungen sind aus dem Werke des jüngeren John Rennie: an account of the Breackwater in Plymouth Sound, London 1848, entnommen. Das Project von Bentham wird daselbst pag. 17 angedeutet.

er sehr genau den ersten Erfahrungen, die man an dem Cherbourger Damme gemacht hatte. Die Kronenbreite war zu 50 Fufs angenommen, die seeseitige Böschung sollte 4½fache und die binnenseitige 3fache Anlage erhalten.

In gleicher Weise, wie bei dem Cherbourger Damme sehr bald die Nothwendigkeit sich herausstellte, eine gröfsere Kronenhöhe zu wählen, so geschah dieses auch bei dem Bau vor Plymouth. Schon 1814 wurde daher bestimmt, dafs die Krone 2 Fufs über den höchsten Springfluthen liegen solle, die Breite derselben wurde dabei jedoch auf 45 Fufs ermäfsigt. Nach dem Sturme 1824, wobei das Profil des Dammes sich wesentlich veränderte, und genau dieselben Erscheinungen, wie bei dem Cherbourger Damme eintraten, indem die Steine von der seeseitigen Böschung über die Krone fortflogen und durch ihre Ablagerung auf der inneren Böschung diese bedeutend steiler darstellten, wurde wieder bestimmt, dafs jene Böschung 5fache, diese aber nur 2fache Anlage erhalten sollte. Aufserdem wurden die äufseren Flächen mit besonders grofsen Steinen bedeckt, und soweit es möglich war, aus diesen ein ziemlich regelmäfsiges Pflaster gebildet.

Aus den mehrfach von dem Parlamente veranlafsten Untersuchungen über die passendste Einrichtung der Sicherheits-Häfen ergiebt sich, dafs der Wellenbrecher bei Plymouth auch nach Ausführung der erwähnten Verstärkungen keineswegs dem Andrange der Wellen widerstanden hat. Nach der im Jahre 1859 von der betreffenden Commission vorgelegten Profilzeichnung*) hatte der Damm inzwischen die in Fig. 111 dargestellte Form angenommen. Die seeseitige Dossirung hatte sich also sehr übereinstimmend mit der des Cherbourger Dammes gestaltet. Man war aber gezwungen gewesen, jene grofsen Blöcke, so weit sie zu Zeiten über Wasser traten, in Cement und zum Theil sogar in zwei Lagen über einander zu versetzen.

Als der Wellenbrecher bei Plymouth theilweise beendigt war, wurde er das Vorbild für die Hafendämme bei Swinemünde. Die Anordnung derselben beruht also auf den Erfahrungen und Ansichten, zu welchen der Cherbourger Damm im Anfange dieses Jahr-

*) Report of the Commissioners appointed to complete the inquiry on harbours of refuge. Vol. I. London 1859.

hunderts geführt hatte. Diese Ansichten haben sich bei uns im Allgemeinen noch vollständig erhalten, obwohl die Erfahrungen in unsern Häfen fortwährend zeigen, dafs es unmöglich ist, aus losen Steinen, wenn sie auch bedeutende Gröfse haben, einen Damm darzustellen, der dem Wellenschlage sicher widersteht. Bei der geringen Zahl der Baumeister, welche Gelegenheit haben, diese Erfahrungen zu machen, und bei der grofsen Zuversicht, womit diese Constructionsart gewählt und als die vorzüglichste dargestellt wurde, hat dieselbe, so oft sich Gelegenheit bot, nicht nur in allen Preufsischen, sondern auch manchen andern Ostsee-Häfen Eingang gefunden. Selbst heutiges Tages wird sie bei uns noch unbedingt für die allein brauchbare gehalten. Es mufs indessen sogleich darauf aufmerksam gemacht werden, dafs die Uebertragung des Profiles des Wellenbrechers, wenn diese sich auch vollständig gerechtfertigt hätte, auf Hafendämme, doch immer Bedenken erregen mufste, weil an diese die Schiffe anlegen sollen, was bei den ersteren nicht geschieht. Die weit in die Häfen vortretenden Steinböschungen, die sich durch diejenigen Steine immer mehr verbreiten, welche die Wellen von der Seeseite aus herüberwerfen, sind unbedingt für die Schifffahrt höchst unbequem, besonders in engen Häfen. Man hat sich daher meist gezwungen gesehn, vor den Fufs der innern Böschung noch Pfahlwände, oder die sogenannten Gordungswände aufzustellen, die eine zu grofse Annäherung der Schiffe verhindern.

Bei den Swinemünder und demnächst auch bei allen übrigen Preufsischen Hafendämmen ist man aber von der Constructionsart des Cherbourger und Plymouther Wellenbrechers in sofern abgewichen, als man die Kerne dieser Dämme aus Senkstücken darstellte. Veranlassung zu dieser Aenderung war ohne Zweifel der hohe Preis der Steine, es trat dabei jedoch der sehr grofse Uebelstand ein. dafs viele Jahrzehnde hindurch ein fortwährendes Sacken bemerkt wird, das immer neue Ausbesserungen und Aufhöhungen der Krone nothwendig macht. Wenn man aber schliefslich diese wiederholten Aufhöhungen berücksichtigt, so ergiebt sich eine so starke Compression der Senkstücke, dafs dieselben wahrscheinlich mit weniger Kosten durch Steinschüttungen hätten ersetzt werden können.

In den Ostsee-Häfen, wo Fluth und Ebbe höchst unbedeutend und kaum bemerkbar ist, wo aufserdem der Seewurm gar nicht vorkommt, erhält sich Kiefernholz bis zur Höhe des mittleren Was-

standes so vollständig, dafs nach vielfachen Erfahrungen in 30
50 Jahren durchaus keine Veränderung seiner Festigkeit bemerkt
rden kann, es hat also wahrscheinlich eine hundertjährige und
lleicht noch längere Dauer, wie dieses in der That die Reste
ncher alter Steinkisten zeigen. Hiernach dürften sich für unsre
fen vorzugsweise Holz-Constructionen empfehlen, die auch
rklich in früherer Zeit hier allein üblich waren, und sich im All-
meinen auch sehr gut erhielten, bis sie endlich, wie erwähnt, plötz-
h durch die Nachahmungen der früheren beim Cherbourger Damme
gewendeten Methoden verdrängt wurden. Der Wellenbrecher bei
erbourg veranlafste daher auch bei uns eine vollständige Aende-
ng im Systeme des Hafenbaues. Er hat dieses später noch ein-
al und, wie es scheint, mit viel günstigerem Erfolge gethan, doch
ider hat diese zweite Aenderung bis jetzt allein in England Ein-
ng gefunden, und wenn sie bei uns durch manche Schriften auch
kannt geworden ist, so gilt sie dennoch im Allgemeinen nur als
ne ungerechtfertigte und unpractische Neuerung.

§. 36.

Spätere Bauten bei Cherbourg.

Nachdem die ersten Vorbereitungen zur Erbauung des Central-
orts auf dem Wellenbrecher bei Cherbourg getroffen waren, ruh-
n die weiteren Arbeiten eine lange Reihe von Jahren hindurch,
och ereigneten sich auch während dieser Zeit manche Umstände,
ie Erwähnung verdienen. Die Stürme veranlafsten wiederholent-
ch bedeutende Beschädigungen, und wenn auch die Profile sich
n Allgemeinen erhielten, so wurden doch fortwährend in der gan-
n Ausdehnung des Dammes die Steine von der seeseitigen auf
e Binnen-Dossirung herübergeworfen. Auch die Brustmauer
r dem Steinhaufen, der zur Compression des Untergrundes aufge-
acht war, litt wiederholentlich sehr bedeutend, woher man sich
324 entschlofs, dieselbe nicht mehr in losen Steinen, sondern in
ementmörtel auszuführen. Seit dieser Zeit wurde sie nicht mehr
n den Wellen durchbrochen, sie erhielt aber auf der Seeseite einen
hr kräftigen Schutz gegen die von den Wellen aufgeworfenen

Steine, indem diese vor ihr liegen blieben, und eine geschlossene und feste Lage annahmen. Es gab sich überhaupt zu erkennen, dafs die losen und besonders die grofsen Steine nur auf wenig geneigten Flächen ein Spiel der Wellen waren, dagegen von den letzteren nicht mehr bewegt wurden, sobald sie in einer steilen Böschung, und selbst in einer beinahe senkrechten Ablagerung auf einander ruhten. Die steile Böschung zeigte daher viel gröfsere Haltbarkeit, als die flache.

Im Jahre 1828 kam der Marine-Minister nach Cherbourg und untersuchte nicht nur die Arbeiten des bereits seit geraumer Zeit begonnenen Kriegs-Hafens, sondern auch den Wellenbrecher. Die Erhöhung des letzteren wurde nunmehr für dringend nöthig erkannt, und daher eine genaue Prüfung seines gegenwärtigen Zustandes angeordnet.

Die im Jahre 1829 angestellten Profilmessungen ergaben Resultate, die von den frühern wesentlich verschieden waren. In beiden Flügeln hatte sich die Krone der Steinschüttung um 6 bis 10 Fufs gesenkt, so dafs sie (mit Ausnahme des mittleren Theiles) wieder unter dem niedrigsten Wasser blieb. Der obere Theil der seeseitigen Böschung, der in der frühern Zusammenstellung der II. und III. Abtheilung entspricht, hatte eine sehr flache Neigung, nämlich eine 12fache Anlage angenommen, und in der Tiefe von 5 Meter unter dem niedrigsten Wasser, also auf der Grenze zwischen der III. und IV. Abtheilung, gab sich keine markirte Kante mehr zu erkennen, vielmehr setzte sich die erwähnte Böschung noch weiter abwärts und zuweilen bis zum Meeresgrunde fort.

In den beiden nächsten Jahren wurden nunmehr die Schüttungen mit kleinen Steinen wieder fortgesetzt, um zunächst den östlichen Flügel, der zuerst beendigt werden sollte, bis über das niedrige Wasser heraufzuführen.

Schon 1829 hatte der damalige Hafen-Ingenieur Fouques-Duparc das Project zum ferneren Ausbau des Wellenbrechers vorgelegt. Dasselbe kam anfangs nur mit einigen Modificationen zur Ausführung, doch später wurden auch die andern vorgeschlagenen Constructionen wieder angenommen und nachträglich eingeführt, welche die Behörde bei der Prüfung des Projectes anfangs nicht gebilligt hatte. Duparc, den ich bereits 1823 in Cherbourg fand, und

wohl ohne Zweifel einer der tüchtigsten Hafen-Ingenieure war,
e gelebt haben, hatte durch sorgfältige Beobachtung der Er-
nungen und durch überlegte Zusammenstellung derselben sich
dares Urtheil über die Mittel gebildet, durch welche man den
iff der Wellen unschädlich machen und ihren zerstörenden Wir-
en ein Ziel setzen könne. Seine Ansichten haben gegenwär-
ei allen Hafen-Ingenieuren in Frankreich und bei den meisten
den bedeutendsten in England, Eingang gefunden, und so ist
ues-Duparc der eigentliche Erfinder des neuen Hafenbaues, wie
er sowol in England, als in Frankreich in einer gröfseren An-
kolossaler Anlagen bereits ins Leben getreten ist, und nach
bisherigen Erfahrungen sich vollständig bewährt hat. Es dürfte
ach angemessen sein, dieses Project specieller zu bezeichnen.
Dasselbe beruht wesentlich darauf, dafs dem Angriffe des Mee-
ur eine in sich fest verbundene und möglichst gleich-
sige Masse ausgesetzt werden darf, wobei also weder einzelne
le sich leicht lösen, noch auch sehr verschiedenartige Senkun-
eintreten können. Diese Auffassung ist durchaus verschieden
der bisher bei demselben Bau verfolgten, und sonach auch von
enigen, die noch bei uns gilt, indem man im Gegentheile von
einzelnen Steinen, welche der Wellenschlag in den passenden
ilen ablagern soll, sich die gröfste Widerstandsfähigkeit verspro-
hatte. Alle Erfahrungen an diesem Wellenbrecher, wie auch
l sonst in allen Fällen, hatten bereits die Unhaltbarkeit dieser
icht sehr augenfällig dargethan. Dagegen hatte der fest ver-
lene Mauerkörper, der das elliptische Central-Fort tragen sollte,
vom niedrigsten bis zum höchsten Wasser heraufreichte, der
l und 1812 dargestellt war, sich unbeschädigt erhalten. Eben
atte die Brustmauer der äufsern Batterie, 1824 und 1825 er-
, obwohl sie nicht unter das höchste Wasser herabreichte und
aus kleinen Steinen bestand, keine Beschädigungen erfahren.
nders auffallend war es aber schon bei der Zerstörung des er-
Forts im Jahre 1808 gewesen, dafs die wenigen gemauerten
le sich unversehrt erhalten hatten. Auch andre Beispiele zeig-
in der nächsten Umgebung von Cherbourg, dafs grofse, wie
e Steine, wenn sie in Mörtel versetzt und mit vollen Fugen
auert waren, durch den Wellenschlag nicht litten. Dieses be-

stätigte sich an den Dämmen vor dem Handelshafen, an der Strafse, die nach dem Fort Homet führte, an dem Fort auf der Insel Pelée und an der östlichen Mauer vor dem Arsenale.

Duparc verglich die Kosten einer solchen Mauer mit denjenigen die Cachin in Betreff der gleich hohen Steinschüttung berechnet hatte, und es ergab sich, dafs Beide sich beinahe gleich waren. Wenn dagegen diejenigen Kosten dem Vergleiche zum Grunde gelegt wurden, welche die Erhöhung des mittleren Theiles wirklich verursacht hatte, so stellte sich zu Gunsten der Mauer eine Ersparung von 13 Millionen Francs heraus. Die Kosten der Unterhaltung waren auch, selbst wenn man vielfache Beschädigungen voraussetzte, dennoch immer bei der Mauer viel niedriger, insofern die Erfahrung gezeigt hatte, wie sehr die Steinschüttungen beim Wellenschlage dauernd litten, und von Zeit zu Zeit immer neue und sehr bedeutende Ueberhöhungen nothwendig machten.

Der Verfasser dieses Projectes gab zu, dafs man auch durch Ueberdeckung mit einzelnen Blöcken die Steinschüttung sichern könne, solche müfsten aber so massenhaft sein, wie man sie unmöglich aus den Steinbrüchen abfahren und auf den Damm bringen könne. Es würde also nichts übrig bleiben, als an Ort und Stelle solche künstliche Blöcke zu bilden, die 12 bis 15 Cubikmeter (388 bis 484 Rheinländische Cubikfufs) halten müfsten.

Jedenfalls sei es aber vortheilhafter, statt dieser isolirten Blöcke, lieber eine einzige und zusammenhängende Mauermasse darzustellen, die sich vom Niveau des niedrigsten Wassers bis über die höchsten Fluthen erhebt, und eine angemefsne Stärke hat. Sehr überzeugend wies er nach, dafs dieses Project auch andern Vorschlägen vorzuziehn sei, welche einen Mittelweg zwischen der früheren und seiner Methode verfolgten, und sich theils auf eine senkrechte trockne Mauer von noch gröfserer Stärke, theils aber auf zwei schwächere in Mörtel ausgeführte Mauern bezogen, zwischen denen der freie Raum mit kleinen Steinen ausgefüllt werden sollte.

Die Mauer, welche Duparc vorschlug, sollte möglichst tief, also im Niveau des niedrigsten Wassers fundirt werden, und zwar hier auf einer Béton-Schüttung von $2\frac{1}{2}$ Fufs Stärke ruhen. Sie sollte aus Bruchsteinen in Mörtel 25 Fufs hoch aufgemauert, auf der Seite nach der See mit Granitquadern und auf der Seite nach der Rhede mit behauenen Sandsteinen verblendet werden. Eine Brustmauer,

Fuſs hoch und 8 Fuſs breit, müsse auf der Seeseite darauf ge-
llt werden. Die Breite der Mauer war unten zu 35½ Fuſs und
n, wo der Verbindungs-Weg darüber führt, zu 29 Fuſs angenom-
n. Alle diese Angaben beziehn sich auf Rheinländisches Fuſs-
aſs. Auf der Seeseite war die Mauer gegen das Loth im Ver-
ltnisse von 1 zu 20, auf der Seite nach der Rhede dagegen von
zu 5 geböscht.

Die Mauer sollte sich ferner binnenwärts gegen eine Risberme
n Sandsteinen, die 16 Fuſs breit war, lehnen, und seewärts soll-
n zur Verhinderung von Ausspülungen die allergröſsten natürli-
en Steinblöcke vorgeworfen werden, jedoch nicht höher als 6½ Fuſs
er Null des Pegels, oder über den allerniedrigsten Wasserstand
h erheben, weil Duparc bemerkt hatte, daſs in gröſserer Höhe
e Steine viel leichter von den Wellen gehoben und umher gewor-
n wurden. Derselbe erwähnt dabei, daſs es ganz überflüssig sei,
ne solche Mauer durch vorgeschüttete Steine schützen zu wollen,
il dieselbe an sich die nöthige Stärke hat, und eines solchen
hutzes nicht bedarf.

Duparc nahm an, der stärkste Stoſs der Wellen sei einem
rucke von 3000 bis 4000 Kilogrammen auf den Quadratmeter
sich, der Sicherheit wegen gab er indessen der Mauer solche Dicke,
ſs sie noch dem Vierfachen dieses Stoſses wiederstehn konnte.
ach den obigen Mittheilungen (§ 5) über die beobachteten Wir-
ngen der Wellen, wäre selbst die letzte Annahme noch nicht ge-
igend, wenn die Mauer ihrer Länge nach sich trennen und ein
nzelner Theil derselben durch die benachbarten nicht gehalten
ürde. Da jedoch dieser übermäſsige Stoſs niemals gleichzeitig die
nze Mauer, sondern immer nur einzelne Theile derselben trifft,
verhindert der Längenverband das Ausweichen der letzteren, so-
ld sie solchem Drucke ausgesetzt werden. Die in dieser Weise
sgeführte Mauer hat in der That von dem Stoſse der Wellen gar
cht gelitten.

Die Commission, der dieses Project zur Prüfung vorgelegt wurde,
klärte sich in Betreff der Mauer mit demselben einverstanden, nur
sorgte sie, daſs auf der Seeseite leicht Vertiefungen sich bilden
önnten, welche die Sicherheit bedrohen würden. Sie hielt es da-
r für nothwendig, hier noch eine Risberme von 22 Fuſs Breite an-
legen, die in einer Béton-Schicht bestehn, jedoch wegen des zu

erwartenden ungleichen Setzens nicht mit derjenigen Schicht zusammenhängen sollte, worauf die Mauer steht. Schliefslich wurde noch angedeutet, dafs zur Sicherung der Mauer an den beiden Enden des Dammes die Anwendung grofser künstlicher Steinblöcke nöthig sein werde.

Das Project wurde hiernach im April des Jahres 1832 genehmigt, und in demselben Jahre begann der Bau, und zwar auf dem östlichen Flügel des Dammes. Duparc vermuthete, wie sich auch in der That später zeigte, ein sehr starkes Setzen auf der losen Steinschüttung, und hütete sich daher, die Mauer sogleich in ihrer ganzen Höhe aufzuführen. Es wurden vielmehr auf grofse Längen immer nur wenige Steinschichten versetzt und diese blieben lange Zeit hindurch stehen, bevor andere darüber gebracht wurden. Wie nöthig diese Vorsicht gewesen, ergab sich in der That sehr bald, indem vielfache Risse in dem fertigen Mauerwerk sich zeigten, und zwar nicht nur nach der Quere, sondern auch nach der Länge. Eben so bemerkte man auch zuweilen, dafs die Mauer nach einer oder der andern Seite etwas übergewichen war. Vorzugsweise zeigten sich diese ungleichmäfsigen Senkungen an den Stellen, wo die Steinschüttung sich an die alten Kegel anschlofs. Sie waren jedoch nirgend so erheblich, dafs man gezwungen gewesen wäre, einen Theil der Mauer aufzubrechen und neu aufzuführen. Es genügte vielmehr, die Fugen nur zu füllen und die nöthigen Ausgleichungen vorzunehmen, worauf die weitere Uebermauerung fortgesetzt werden konnte.

Wirkliche Beschädigungen zeigten sich nur in der seeseitigen Risberme. Das Wasser drang durch die Fugen der Steinschüttung unter die Bétonschicht, und da diese nicht belastet war, so wurde sie durch den Druck der anlaufenden Wellen gehoben und zerbrochen. Noch mehr geschah dieses aber, wenn die Wellen grofse Steinblöcke darüber schleuderten. So löste die Schicht sich sehr bald in einzelne kleinere Tafeln auf. Man liefs dieselben zunächst noch über den Steinen liegen, doch endlich kamen auch die letzteren in Bewegung und nunmehr hatten die kleinen Béton-Platten kein passendes Lager, sie wurden daher von den Wellen gehoben. und oft umgekehrt und weit umher geschleudert, so dafs sie in kurzer Zeit zerschellten und ganz verschwanden. Um die Mauer ge-

gen Unterspülung zu sichern, wurden nunmehr grofse künstliche Blöcke aus Béton neben der Mauer versetzt. Damit diese über dem Untergrunde sich möglichst anschlossen, ohne dafs der frische Mörtel von den Wellen ausgespült und fortgewaschen würde, so gab man den Kasten, worin die Blöcke geformt wurden, einen Boden von Leinwand, der sich auf die darunter befindlichen Steine auflegte, sobald der Béton darauf geworfen wurde. Auf solche Weise erhielten diese Blöcke eine sehr feste Lage, und nur in wenigen Fällen bemerkte man, dafs sie sich etwas bewegten. Dieselben hatten indessen noch einen andern Zweck, nämlich die Baugrube, in welche das Bétonbette für die Mauer gelegt werden sollte, gegen das Eindringen von Steinen zu sichern. Man stellte sie daher 1¼ Fufs vor den äufsern Rand der Mauer und zwar abwechselnd in der Richtung ihrer Länge und Breite, um Unebenheiten zu bilden, welche die grofsen natürlichen Decksteine aufhalten sollten, falls diese etwa längs der Mauer bewegt werden möchten. Die Bétonblöcke waren 9½ Fufs lang, 6½ Fufs breit und 3 Fufs hoch, hielten also nahe 200 Cubikfufs.

Obwohl die Stürme an dem eigentlichen Bau keine Beschädigungen verursachten, so zeigten sie doch Wirkungen, wie man solche bisher hier noch nicht wahrgenommen hatte. Von den grofsen Steinen, welche über die Mauer geschleudert wurden, ist schon früher (§ 5) die Rede gewesen, aber überraschend war es, als man sah, dafs die Wellen beim Anschlagen an die nahe senkrechte Mauer sich in zusammenhängender Wassermasse 30 bis 40 Meter (96 bis 127 Fufs) hoch erhoben.

Bald nach dem Beginne des Baues wurde das Bedenken angeregt, dafs die Erhöhung des östlichen Flügels, während der westliche in seiner geringen Höhe noch gelassen wurde, leicht Veranlassung zur weitern Ausdehnung der Sandbank geben könne, die sich von der Insel Pelée aus in die Rhede hineinzog. Es wurde daher sogar die Forderung gestellt, dafs der westliche Flügel gleichzeitig in Angriff genommen werden solle. Duparc erklärte dieses für ganz unthunlich, und indem er 1834 genaue Sondirungen wieder vornehmen liefs, so konnte er den Nachweis führen, dafs jene Bank, wenigstens in Betreff der Fünffaden-Linie seit dem Jahre 1789 sich nicht verändert habe.

1838 starb Fouques-Duparc, und Reibell, der Herausgeber der Vorträge, die Sganzin über Wasserbaukunst gehalten hatte (dritte Ausgabe), war sein Nachfolger.

Der Bau des östlichen Flügels schritt regelmäfsig weiter, und eine Aenderung trat vorzugsweise insofern ein, als man bisher die Anwendung des Cementes möglichst beschränkt hatte, um die Kosten nicht zu sehr zu steigern, während gegenwärtig, da die Preise sich bedeutend niedriger stellten, ein sehr grofser Vortheil in dem ausgedehnteren Gebrauche desselben gefunden wurde, da theils die Erhärtung schneller erfolgte, und theils auch spätere Beschädigungen weniger zu besorgen waren. Namentlich wurde darauf gesehn, dafs jeder Theil der Mauer, den man in einem Jahre abschlofs, sowol in der Oberfläche, als auch am Ende mit einer starken Bétonschicht abgedeckt und eingeschlossen wurde.

Im Jahre 1839 war endlich der ganze östliche Flügel bis über das höchste Wasser herausgeführt, da jedoch die Sackungen noch keineswegs aufgehört hatten, so wurden die obern Schichten nebst der Brustmauer noch nicht aufgebracht, vielmehr wartete man hiermit, bis die Bewegungen sich nicht mehr zeigen würden. Die Oberfläche wurde wieder mit einer Béton-Lage abgedeckt, in welche man flache Steine eindrückte, um Beschädigungen vorzubeugen. Es muſs aber gleich bemerkt werden, dafs solche Beschädigungen in den nächsten Jahren keineswegs ausblieben, dafs vielmehr der Mörtel stellenweise stark angegriffen wurde, und besonders geschah dieses, wenn zufällig das aufspritzende Seewasser keinen vollständigen Abflufs fand und auf der Mauer verdunstete.

Man begann in demselben Jahre den Ausbau des westlichen Flügels, und zwar mufste zunächst die Richtung desselben bestimmt werden. Es ergab sich aus den bisherigen Erfahrungen, dafs die neuen Aufschüttungen einen ziemlich unsichern Untergrund bildeten, der unter dem Gewichte der darauf gestellten Mauer sich stark comprimirte, dafs aber auch die älteren Schüttungen, die man auf der Binnenseite, oder auf der südlichen, aufgebracht hatte, selbst nach längerer Zeit noch nachgaben, was auf der Nordseite nicht der Fall war. Die Steine, welche von den Wellen hier angetrieben und dem Stofse derselben ausgesetzt gewesen waren, hatten eine bedeutend festere Lage angenommen, und trugen viel sicherer die Mauer, als jene unmittelbar aufgeschütteten Steine. Die

scheinung ist also genau dieselbe, die sich auch auf den sogeanten Riffen vor einem sandigen Strande zu erkennen giebt. Die seitige Dossirung derselben ist so fest, dafs beim Darübergehn er Fahren kaum eine Spur des Fufses oder des Rades zurückäbt, auf der innern Dossirung dieser Riffe sinkt man dagegen lesmal einige Zolle tief ein und oft genug ist der Triebsand dalbst so tief ausgebildet, dafs Pferde darin stecken bleiben. Mit ücksicht auf diesen Umstand wurde die Richtungslinie des westhen Flügels so ausgewählt, dafs möglichst wenig Nachschüttunn auf der südlichen, oder der Binnenseite noch nöthig waren. Mit n erforderlichen Schüttungen, die also vorzugsweise auf der Seeite erfolgten, wurde der Anfang gemacht, und demnächst in gleier Weise, wie auf dem östlichen Flügel geschehn, der Bau der auer begonnen. Indem jedoch das Aufmauern der untern Schichn überaus zeitraubend war, weil es nur beim kleinsten Wasser folgen konnte, so hatte man in der letzten Zeit schon im östlien Flügel die Aenderung eingeführt, dafs statt der einen Bétonshicht, drei solche verlegt wurden, die bis zum mittleren Wasrstande heraufreichten, von denen die beiden obern jedoch in gleier Weise, wie die frühere Mauer mit Granitquadern eingefafst aren.

1842 wurde endlich die Mauer auf dem östlichen Flügel in ihr ganzen Höhe ausgeführt und mit der Brustmauer versehn. ie Breite der Mauer bis zur Brüstung maafs 19¼ Fufs, und man ſs dieselbe von der Binnenseite bis zur Brüstung 5 Zoll ansteigen, mit das Wasser möglichst vollständig abfliefsen konnte. Die rustmauer dagegen erhielt bei 8 Fufs Breite ein Quergefälle von Zoll nach der Seeseite. Die Eindeckung erfolgte auf der Mauer lbst mit gut schliefsenden Granitwürfeln, welche auf ein Bétontte mit vollen Mörtelfugen versetzt waren, die Brüstung dagegen urde mit Granitplatten überdeckt. Man stellte auch gufseiserne chiffshalter, oder Kanonen, in die Mauer, die jedoch wegen r grofsen Höhe der letzteren nicht leicht gebraucht werden dürfn, und dieses um so weniger, als gegen die Steinböschungen doch in Schiff gelegt werden konnte.

Am Schlusse des Jahres 1842 hatte man die Fundirung des estlichen Flügels nahe 450 Ruthen weit ausgeführt, und grofsenteils auch die Uebermaurung begonnen, als im nächsten Winter

eine nochmalige genaue Aufnahme der Steinschüttung auf der übrig bleibenden Strecke dieses Flügels für nöthig erachtet wurde, weil es den Anschein hatte, als ob die gewählte Richtung nicht in die Krone der letzteren fiel. Es ergab sich in der That dabei eine auffallende Divergenz. Die Krone lag wirklich südwärts von der bisher verfolgten Richtung. Ein Irrthum in der vor drei Jahren ausgeführten Messung war ganz undenkbar, und die jetzige Abweichung liefs sich nur durch die Wirkung der Wellen erklären, die bei jedem Sturme sich sehr deutlich zeigte, und darin bestand, dafs die Steine von der nördlichen Böschung über die Krone fort nach der südlichen geworfen wurden. Auf diese Weise bewegte sich die ganze Schüttung und mit ihr die Krone, von Norden nach Süden.

Nachdem diese veränderte Lage des Dammes bemerkt war, dachte man zunächst daran, neue Steinmassen auf die nördliche Böschung aufzubringen, da aber die Transporte der Bruchsteine bereits als beendigt angesehn und die dazu dienenden Fahrzeuge grofsentheils verbraucht waren, so würde die Wiederbeschaffung von solchen nicht nur sehr kostbar, sondern auch sehr zeitraubend gewesen sein, und man entschlofs sich daher, den letzten Theil des Dammes in eine etwas veränderte Richtung zu legen. Die Aenderung wurde auf 1 Grad festgestellt.

Ein andrer Umstand, der einiges Bedenken erregte, bezog sich auf die älteren Béton-Fundirungen. Man bemerkte nämlich, dafs diese auf der Seeseite sich nicht vollständig erhalten hatten, besonders wenn sie zufällig entblöfst waren. Der Béton war bis etwa 1 Fufs weit unter der Mauer stark angegriffen und zum Theil ausgewaschen. Obwohl diese Beschädigungen bei kleinem Wasser durch Einbringen von neuem und besser erhärtendem Béton sich leicht wiederherstellen liefsen, und auch an sich nicht gefahrdrohend erschienen, so überzeugte man sich doch, dafs es zweckmäfsiger gewesen wäre, wenn man auch dieses Fundament in gleicher Weise, wie die darauf ruhenden folgenden Schichten mit Granitquadern eingefafst hätte.

Dagegen war die seit einigen Jahren gemachte Erfahrung über die Bewegung der Steine sehr beruhigend. Wie sehr nämlich die letzteren und selbst die gröfsten derselben in früherer Zeit hin und her geworfen, und sogar über die begonnene Mauer hinüber ge-

leudert waren, so hörte Letzteres doch vollständig auf, sobald
Mauer bis zur vollen Höhe aufgeführt und auf der Seeseite mit
· Brustmauer versehn war. Die Steine sammelten sich nunmehr
· dem Fuſse derselben an, und bildeten eine sehr feste Ablage-
ɪg, die auch bei heftigem Wellenschlage nicht mehr in Bewegung
ɪetzt wurde. Dieses besagt die publicirte Beschreibung des Baues,
ɪtere Erfahrungen scheinen jedoch hiermit im Widerspruche zu
hn. Der Aufseher, der mich 1857 längs der Mauer führte, zeigte
r verschiedene Beschädigungen der Granit-Blöcke, welche die
ustmauer bedeckten, und erwähnte, daſs diese von den darauf ge-
ɪrfenen Steinen herrührten. Er erzählte, daſs bei jedem beson-
:s heftigen Sturme noch groſse Bruchsteine über die bereits fer-
e Mauer geworfen würden, und daſs sogar einmal einer der künst-
ɪen Blöcke auf der südlichen Böschung gelegen habe, der also
thwendig denselben Weg gemacht haben muſste.

1853 wurde der westliche Flügel beendigt. Die Erwartung,
ɪs keine weitern Senkungen eintreten würden, ging nicht voll-
ndig in Erfüllung, es zeigten sich solche auch noch später und
:anlaſsten Quer-Risse, die ½ auch wohl ¾ Zoll weit waren. Dabei
nnten sich jedoch immer nur sehr groſse Theile der Mauer, so
's jeder einzelne derselben an sich schon hinreichende Wider-
ndsfähigkeit behielt, und keine Besorgniſs für das Bestehn des
ɪzen Werkes erweckt wurde.

Was die Kosten der Mauer betrifft, so betrugen diese für das
fende Meter 4500 Francs, also für den laufenden Fuſs Rheinlän-
chen Maaſses 381½ Thaler.

Der Damm erfüllt nunmehr vollständig seinen Zweck, indem
bst bei den heftigsten Stürmen die Schiffe hinter ihm ohne Ge-
r ankern und sogar sehr ruhig liegen. Die Frage, wie viele
hiffe daselbst Schutz finden, wird verschieden beantwortet, aber
ɪs sicher sollen vierzig groſse Schiffe hier liegen können, ohne
's ein Gegenstoſsen derselben besorgt werden darf, besonders wenn
Theil von ihnen Dampfschiffe sind, welche die freien Ankerstel-
genau einnehmen können.

Endlich bleibt noch das Bedenken, daſs die Rhede nach und
ch durch den hinzutreibenden Sand und Kies sich verflachen
ɪchte. Diese Besorgniſs wird durch die bisherigen Erfahrungen
r in geringem Maaſse bestätigt und die Verlandungen treten sehr

langsam ein. Bonnin, aus dessen Beschreibung*) dieses Baues die vorstehenden Mittheilungen entnommen sind, macht hierbei die Bemerkung, dafs bei der gegenwärtigen Wirksamkeit der Dampfbagger und bei der grofsen Abstillung des Wassers auf der Rhede die nach und nach eintretenden Verflachungen alle Bedeutung verloren haben. Derselbe ist der Ansicht, dafs es sogar zweckmäfsiger gewesen wäre, die beiden Zugänge in höherem Maafse zu beschränken, um das Eindringen feindlicher Schiffe sicherer zu verhindern, wenn dadurch auch die Verlandung bedeutend befördert worden wäre.

Schliefslich dürfte es angemessen sein, zur nähern Beschreibung der in Rede stehenden Mauer noch einige Erläuterungen über die Ausführung derselben mit Bezug auf das Profil Fig. 112 hinzuzufügen. In dieser Zeichnung, welche die wirkliche Ausführung darstellt, ist die Steinschüttung, soweit sie vor dem Beginne aufgebracht war, besonders markirt. Dieselbe hatte aber meist eine starke seeseitige Neigung angenommen, woher sie zunächst aufs Neue mit Steinen überschüttet werden mufste.

Zur Seite dieses Profiles sind die verschiedenen Wasserstände nach dem dortigen Pegel, und zwar im metrischen Maafse, angegeben. Der Nullpunkt liegt in der Höhe des niedrigsten Wassers, er entspricht also dem Niedrigwasser bei Aequinoctial-Springfluthen, das Hochwasser zur Zeit der letzteren stellt sich auf 7,15 Meter ($22\frac{3}{4}$ Fufs Rhl.). Bei gewöhnlichen Springfluthen steigt das Wasser von 0,70 bis 6,30 Meter, und bei todten Fluthen von 2,45 bis 4,80 Meter.

Eine Bétonschicht, die ein wenig seewärts geneigt ist, bildet das Fundament der Mauer. Vor derselben befindet sich ein Bétonblock, der an Ort und Stelle und zwar in einem Kasten mit Boden aus Leinwand gebildet ist. Gegen diesen lehnen sich grofse natürliche Steine. Auf der Binnenseite erhebt sich dagegen die aus Steinschüttung bestehende und mit regelmäfsigen Pflastersteinen überdeckte Risberme bis zur Höhe der zweiten Bétonschicht. Die nächste Bétonschicht bildet einen Theil der Mauer und ist wie diese mit Granitquadern an beiden Seiten verblendet. Die untere Lage der letzteren ruht indessen auf flachen besonders harten Steinen, wel-

*) Travaux d'achèvement de la digue de Cherbourg par J. Bonnin. Paris 1857.

che einen niedrigen Sockel bilden und im Innern hintermauert sind.

Eine dritte Bétonschicht liegt endlich noch auf der zweiten, und mit dieser schliefst der Theil der Mauer, der im ersten Jahre aufgeführt wird. Dieses geschieht in der mit I I bezeichneten Linie. Im zweiten Jahre erreicht die Mauer die Höhe der Linie II II In diesem Theile besteht der Kern in lagerhaften Bruchsteinen, die in möglichst gutem Verbande in gewöhnlichem hydraulischen Mörtel, zuweilen mit einem Zusatze von künstlicher Puzzolane vermauert werden. Sowol auf der innern, wie auf der äufsern Seite befindet sich eine Verblendung von Granitquadern. In gleicher Weise erfolgt im dritten Jahre die fernere Erhöhung bis III III, die jedoch nur wenige Fufse beträgt.

In diesem Zustande bleibt die Mauer einige Jahre hindurch stehen. Wenn man endlich kein weiteres Setzen bemerkt, oder wenn die Beendigung nicht länger verschoben werden kann, so wird der obere Theil mit der Brustmauer und den Schiffshaltern, oder Kanonen, hinzugefügt. Die äufsere Kante der Brustmauer liegt 34 Fufs 8 Zoll über dem Nullpunkte des Pegels, oder über dem allerniedrigsten Wasser, und die innere Kante der Brustmauer 34 Fufs 10 Zoll. Der Weg auf der Mauer hat neben der Brüstung die Höhe von 29 Fufs 7 Zoll, und auf der Seite nach der Rhede von 29 Fufs 2 Zoll. Die Breite der Brustmauer mifst 8 Fufs, die des Weges ist jedoch auf den beiden Flügeln etwas verschieden, nämlich auf dem östlichen Flügel 19 Fufs 7 Zoll und auf dem westlichen 20 Fufs 3 Zoll. Ueber die Ausführung des Weges wäre nur zu bemerken, dafs er mit regelmäfsig bearbeiteten Granit-Blöcken gepflastert ist, die auf einer 1 Fufs starken Bétonlage ruhen. Sehr grofse Granitquadern überdecken die äufsere Verblendung und sind durch kupferne Klammern mit einander verbunden.

Von den Festungswerken oder den kleinen Forts auf dem Wellenbrecher ist bisher wenig die Rede gewesen. Dieselben können an sich auch unberührt bleiben, und es kommt nur darauf an, die Mittel namhaft zu machen, wodurch sie gegen die See geschützt sind. Sie treten auf der Seeseite vor die beschriebene Mauer vor und bedürfen daher eines ganz besonderen Schutzes. Dieser ist ihnen dadurch gegeben, dafs sehr grofse künstliche Blöcke, nämlich von 20 Cubikmeter oder 647 Cubikfufs, auf die Stein-Bö-

schung ziemlich nahe neben einander gelegt sind, und diese soweit bedecken, wie die Welle die natürlichen Steine noch in Bewegung setzt. Die Blöcke sind 12 Fufs 1 Zoll lang, 8 Fufs 7 Zoll breit und 6 Fufs 4 Zoll hoch. Sie sind auf den höchsten Theilen der Böschung an Ort und Stelle ausgeführt, sonst aber auf besondern Baustellen geformt, und nachdem sie hinreichend erhärtet waren, zur Zeit des Hochwassers mit grofsen Böten, unter die sie gehängt wurden, an die zu ihrer Ablagerung bestimmten Orte gebracht. Bis zum Jahre 1855 waren im Ganzen 2111 solcher Blöcke geformt und verlegt. Auf der nördlichen und westlichen Seite des westlichen Forts, das besonders bedroht wurde, lagen 996 derselben, vor dem später hinzugekommenen Fort auf der Mitte des westlichen Flügels 240, vor dem Central-Fort 53 und vor dem Fort auf dem östlichen Ende des Dammes 822. Ob die Zahl derselben seitdem noch bedeutend vermehrt worden, ist unbekannt. Es scheint, dafs man nur neue hinzufügt, wo zufällig einzelne Stellen der Böschung sich entblöfsen. Das Central-Fort ist nach dieser Zusammenstellung am wenigsten geschützt, aber hier hat man in neuerer Zeit eine andere und gewifs viel kräftigere Sicherungs-Maafsregel in Anwendung gebracht. Als ich nämlich 1857 dort war, sah ich, dafs man vor dem Fufse der Mauer nicht einzelne Blöcke formte, vielmehr die ganze Böschung im Zusammenhange in der Stärke der Blöcke, also 6 Fufs 4 Zoll hoch mit Bruchsteinen übermauerte. Der Mörtel, den man dabei benutzte, band so schnell, dafs bei dem Uebertreten der nächsten Fluth über das frische Mauerwerk keine Fuge ausgespült wurde. Man beobachtete freilich die Vorsicht, dafs man beim jedesmaligen Abschlusse nur ziemlich schmale Mörtelfugen darstellte, und die Oberfläche grofsentheils aus den breiten Flächen der natürlichen Steine bildete. In demjenigen Theile des Mauerwerks, der am Tage vorher ausgeführt war, über den also bereits zwei Fluthen gegangen waren, hatte der Mörtel solche Festigkeit angenommen, dafs man ein Messer nicht mehr hineinstofsen konnte.

Nach diesen günstigen Erfahrungen und zwar an einer Meeresküste, wo der Wellenschlag viel kräftiger, als an der Ostsee ist, wird man ohne Zweifel keinen Anstand nehmen können, auch in unsern Häfen die Dämme oder Molen, nachdem die Steinschüttungen unter Wasser sich gehörig fest abgelagert und gesetzt haben, nicht mehr aus einzelnen grofsen Steinblöcken aufzupacken, sondern

aus kleineren und wo möglich aus lagerhaften Bruchsteinen aufzumauern. Die Kosten werden hierdurch in hohem Grade ermäfsigt, da jene grofsen Steinblöcke, die aus Schweden bezogen werden, überaus theuer sind. Aufserdem wird man bei Anwendung eines guten hydraulischen Mörtels eine viel gröfsere Sicherheit erreichen, also auch die Unterhaltung erleichtern, und endlich eine mehr geregelte Krone darstellen, auf der man noch sicher gehn kann, wenn auch einzelne Wellen hinüberschlagen. Es ist überaus schwer, einer neuen Methode Eingang zu verschaffen, besonders wenn die Ansicht allgemein verbreitet ist, dafs die bisherige Methode (die Nachahmung des vor 60 Jahren am Cherbourger Damme angewendeten Verfahrens) die absolut beste sei. In Swinemünde, wie auch in Colbergermünde wird seit einigen Jahren das Vermauern kleiner Steine stellenweise versucht, und wie nicht anders zu erwarten, haben diese Stellen bisher nicht die geringste Beschädigung gezeigt. Man darf sonach wohl hoffen, dafs die hier beschriebenen höchst wichtigen neuen Methoden, die beim Cherbourger Damme zuerst versucht wurden, endlich auch bei uns Eingang finden werden. In Frankreich hat man bereits vielfach, wie bei Marseille und Cette, davon Gebrauch gemacht, und in England ist dieses gleichfalls bei den grofsartigen Hafen - Anlagen von Holyhead und Portland geschehn.

Schliefslich mag noch erwähnt werden, dafs die Ausführung des Forts auf dem westlichen Ende des Dammes sogleich grofses Bedenken erregte. Die Steinschüttung daselbst war nämlich stark abgewaschen, und mufste daher bedeutend erhöht werden. Die Ingenieure wünschten eine starke Belastung aufzubringen, damit vor der Ausführung des Werkes der Untergrund sich gehörig fest lagern möchte. Es fehlte indessen theils an Gelegenheit, das hierzu erforderliche Steinmaterial beizuschaffen, theils aber drang die Regierung auch darauf, dafs das Fort möglichst bald erbaut und besetzt würde. Der Bau wurde daher 1848 begonnen und 1850 bereits beendigt. In demselben Jahre wurde das Fort auch schon ausgerüstet und besetzt. Als ich 1857 dort war, hatte man es indessen längst wieder verlassen müssen, indem die Mauern an mehreren Stellen so gefährlich gerissen waren, dafs der vollständige Einsturz vorauszusehn war. Man hatte nunmehr den ganzen innern Raum etwa 30 Fufs hoch mit Steinen ausgepackt, um den Untergrund endlich zum

Stehn zu bringen, und es war Absicht, dafs wenn dieser Zeitpunkt eingetreten wäre, das ganze Fort niedergerissen und aufs Neue wieder erbaut werden sollte.

Damit man selbst bei starker Wellenbewegung bequem zu diesen Forts gelangen kann, sind neben dem Fort Central zwei kleine mit hohen Mauern eingeschlossene Häfen erbaut, zu welchen steinerne Treppen herabführen, und an jedem der beiden äufsern Forts befindet sich gleichfalls ein solcher Hafen. In Fig. 108 sind dieselben angedeutet.

Der ganze Wellenbrecher hatte von seinem ersten Beginne ab, also mit Einschlufs der ursprünglichen Kegel und mit Inbegriff der Mauer auf der Steinschüttung, der kleinen Häfen und der Fundirungen der Festungswerke 66,862274 Francs gekostet. Seine Länge mifst zwischen den beiden Einfahrten zur Rhede 3712 Meter oder 11827 Rheinl. Fufs. Der laufende Fufs kostet also etwas über 1500 Thaler.

Endlich bleibt noch des Kriegshafens zu erwähnen, der besonders in sofern wichtig ist, als er in neuerer Zeit entstand, und daher nicht wie andre, sich nach und nach ausbildete, indem die später bemerkten Bedürfnisse nach Möglichkeit berücksichtigt wurden, er vielmehr vor funfzig Jahren auf einem ganz freien und hinreichend ausgedehnten Terrain erbaut wurde, wo man Gelegenheit hatte, allen damaligen Anforderungen in der passendsten Weise zu entsprechen. Es läfst sich freilich nicht in Abrede stellen, dafs auch seit dieser Zeit die Ansichten sich vielfach bereits geändert haben, auch das ursprüngliche Project nicht vollständig, sondern mit manchen wesentlichen Modificationen zur Ausführung gelangt ist, aber dennoch zeigt er in weit höherem Maafse einen innigen Zusammenhang und eine passende Anordnung, als man sonst bei ähnlichen Anlagen bemerkt.

Ich mufs sogleich erwähnen, dafs es mir nicht möglich war, über alle Einzelheiten dieses Hafens bestimmte Nachrichten zu sammeln, und daher sowol das Geschichtliche, als auch die angegebenen Dimensionen nur annähernd richtig sind. Doch hoffe ich, dafs keine bedeutenden Irrthümer in dieser Beziehung vorkommen werden, indem ich theils bei zweimaligem Besuche des Hafens mich bemühte, die Maafse durch Schätzung zu bestimmen, theils aber in

schiedenen Schriften auch Angaben hierüber enthalten waren, wenigstens annähernd mit einander übereinstimmten.

Der Kriegshafen ist in der Situations-Zeichnung der Rhede Fig. 6 bereits angedeutet, außerdem im größeren Maaßstabe Fig. 113 rgestellt. Zunächst mag dieser letzte Plan, aus einer lithographirten ichnung entnommen, speciell erklärt werden.

Das ganze eigentliche Marine-Etablissement ist mit einer hen Mauer umgeben, welche durch die stark ausgezogene Linie zeichnet ist.

Litt. 1. zeigt den Haupt-Zugang, welcher der Stadt zugehrt ist,

2. sind acht andere Zugänge, die sich rings umher in der Mauer efinden,

3. der Vorhafen,

4. das ältere, daneben befindliche Bassin, oder der nördliche lotthafen,

5. das neuere Bassin, oder der westliche Flotthafen,

6. der Hafen Chantereyne, der nicht sowol von den Fahrzeugen der Kriegs-Marine benutzt wird, als vielmehr von andern Schiffen, die Materialien und Güter herbeiführen,

7. die Proviant-Magazine, neben dem letzteren,

8. geneigte Fläche zum Aufschleppen von Böten und kleineren ahrzeugen, neben demselben Hafen,

9. großes Magazin für Schiffsbauholz,

10. die Hauptwache neben dem ersten Eingange,

11. das Admiralitäts-Gebäude,

12. die Büreaus für den Schiffsbau,

13. das Gießhaus,

14. Schmieden, Hammerwerke und Maschinenbau-Anstalten,

15. das Arrest-Local, neben der Wache,

16. die Caserne der Marine-Artillerie,

17. die Hafen-Gensd'armerie,

18. Caserne der Marine-Infanterie,

19. Raum zu Casernen für Linientruppen reservirt,

20. verschiedene Kohlenplätze, neben dem Vorhafen und beiden Bassins,

21. Kochhäuser am Vorhafen und am nördlichen Bassin,

22. das alte Trocken-Dock, das schon gleichzeitig mit dem Vorhafen erbaut wurde,

23. vier überdeckte Hellinge zu beiden Seiten des letzteren,

24. der Hauptpegel, neben dem Vorhafen,

25. Materialien-Büreaus,

26. fünf Schuppen für verschiedene Materialien, wie Theer, Werg, Farben, Ketten und dergleichen,

27. Dampfmaschinen-Gebäude zum Auspumpen des Trocken-Docks auf der Südseite des westlichen Bassins,

28. sieben Trocken-Docks am westlichen Bassin. Zwei derselben sind zur Aufnahme von je zwei Schiffen eingerichtet,

29. Schuppen zur Aufbewahrung von Hölzern,

30. sieben Hellinge an der Westseite des westlichen Bassins,

31. grofses Reservoir für süfses Wasser, nebst Vorrichtung zum Filtriren desselben,

32. Hafenbau-Büreaus,

33. Magazin für verschiedene Materialien und Geräthe. Hier befindet sich auch die Dampfmaschine zum Auspumpen der daneben befindlichen Trocken-Docks,

34. Kesselschmiede und Schlosser-Werkstatt,

35. Hauptverwaltung des Hafens,

36. Schuppen zur Aufbewahrung und Bearbeitung der Masten,

37. Graben, worin die Stämme versenkt werden, die zu Masten verarbeitet werden sollen,

38. Direction der Marine-Artillerie.

Aufserhalb der Mauer, jedoch noch innerhalb der Festungswerke befinden sich:

39. Versammlungs-Local für die Offiziere,

40. Caserne der Linien-Infanterie,

41. Militär-Hospital, und

42. Land-Artillerie.

Endlich:

43. die Seilspinnerei und Blockmacherei liegt aufserhalb der Festungswerke.

Der Bau des Hafens wurde unter Napoleon I begonnen. Das Terrain war ein unregelmäfsiges ziemlich niedriges Felsenufer, in welchem sich einzelne Stellen von grofser Tiefe vorfanden. Eine solche wurde zur M ü n d u n g d e s V o r h a f e n s bestimmt. Man

ichte mit der Darstellung der beiden abgerundeten Köpfe den
ifang, welche den Eingang zum Vorhafen bilden sollten. Die-
lben wurden mit einer möglichst dicht schliefsenden Holzwand
ıgeben, die aus einzelnen Balken bestand, die zwischen Zwingen
ı zum Felsboden herabgestofsen waren. (Dieses Verfahren ist
ı ersten Theile dieses Handbuches § 47 beschrieben.) Innerhalb
eser Wände wurde bis zur Höhe des niedrigsten Wassers Béton
rsenkt, und darüber wasserdichte Umschliefsungs-Mauern gestellt.
ie Fundamente für die beiden Leuchtthürme, die indessen auch
genwärtig noch nicht erbaut sind, wurden darin gleichzeitig aus-
eführt. Dasselbe Verfahren wurde auch an allen Stellen in der
eabsichtigten Uferlinie angewendet, wo die Felsen sich nicht bis
ber das Hochwasser erhoben, indem es darauf ankam, letzteres
on dem Vorhafen und dem nördlichen Bassin vollständig abzuhal-
n. Die sämmtlichen Kais neben dem Meere, so wie auch die er-
ähnten Hafenköpfe liegen 10 Fufs über den Aequinoctial-Spring-
ıthen.

Es kam nunmehr darauf an, die Oeffnung zwischen diesen bei-
n Köpfen zu schliefsen, und dieses geschah mittelst eines kolas-
len Fangedammes, den man unter Anbringung vielfacher Ver-
rebungen im Jahre 1807 darstellte, und ihn auch mit der unre-
lmäfsigen Sohle und den Seitenwänden so dicht verband, dafs er
ır wenig Wasser durchliefs.

Der Boden bestand aus Grauwacke, die in der Tiefe in Gra-
t überging, während oben vielfach Thonschiefer, Gneufs und nicht
lten auch reiner Quarz vorkam. Bis 30 Fufs unter dem niedrigsten
asser mufste die Sohle des Vorhafens ausgehoben werden,
eses konnte grofsentheils nur durch Sprengen geschehn, während
an später, da Alles im Trocknen ausgeführt wurde, durch Nach-
beiten aus freier Hand den Boden und die Wände, soweit letztere
ıs festem Granit bestanden, ebnete. Dieses feste Gestein fand sich
dessen grofsentheils nur in der Tiefe vor, darüber mufsten aus
ranitquadern Blendmauern aufgeführt werden. Um den Vorhafen
äter nicht aufs Neue trocken legen zu dürfen, wurden sogleich
e Eingänge zu den Schleusen-Canälen ausgeführt, die denselben
it den beiden Flotthäfen verbinden sollten, und es wurden die
ıthigen Vorrichtungen getroffen, um während des Baues der letz-
ren hier wasserdichte Abschlüsse darstellen zu können.

Der Vorhafen ist etwa 75 Ruthen lang und 64 Ruthen breit. Seine Umfassungsmauern, die sich noch einige Fufse über Aequinoctial-Springfluthen erheben, sind von der Sohle gemessen etwa 57 Fufs hoch. Die Mündung nach der Rhede ist an der schmalsten Stelle 204 Fufs weit. Am 27. August 1813 war dieser Theil des Baues fertig und in Gegenwart der Kaiserin wurde feierlich der Fangedamm mit einigen Oeffnungen versehn, wodurch bei steigender Fluth das Wasser einströmte und endlich den ganzen Damm durchbrach. Ehe dieses geschah, segelte die Kriegsflotte, die auf der Rhede lag, dicht am Fangedamme vorüber, und das Schauspiel schien einen ernsteren Charakter anzunehmen, als gerade in dieser Zeit ein Englischer Kreuzer bis nahe an den Wellenbrecher herankam, jedoch nur ein ruhiger Zuschauer der Feierlichkeit blieb.

Als ich im Frühjahre 1823 in Cherbourg war, wurde das nördliche Bassin in gleicher Weise wie früher der Vorhafen vertieft. Es erhielt dieselbe Tiefe, wie dieser. Es ist gleichfalls 78 Ruthen lang, jedoch nur 58 Ruthen breit. Zwei Thorpaare, die eine Oeffnung von 60 Fufs schliefsen, und die in entgegengesetzten Richtungen stemmen, können sowol einen höheren, wie auch einen niedrigeren Wasserstand darin erhalten.

Am südlichen Ende des Vorhafens und zwar in der Achse desselben befand sich damals bereits das Trocken-Dock, und zu beiden Seiten desselben vier Hellinge, von denen drei mit starken durchbrochenen Mauern umgeben und überdacht waren. Ein Quell süfsen Wassers flofs aus dem Granit hervor, worin das Trocken-Dock ausgebrochen war, man hatte ihn eingefafst und mit einem Hahn geschlossen. In diesem Dock wurde ein Linienschiff gebaut, das damals Duc de Bordeaux hiefs, das aber bei dem jedesmaligen Wechsel der Regierung einen andern Namen erhielt, und als es endlich nach Jahren fertig wurde, durch die feuchte Luft in dem Dock so sehr gelitten hatte, dafs man zweifelhaft war, ob es überhaupt noch ausgerüstet werden sollte.

Der letzte Umstand verursachte eine bedeutende Aenderung in dem ganzen Hafen-Projecte. Die grofsen Vortheile, welche Trokken-Docks nicht nur bei der Reparatur, sondern auch beim Neubau von Schiffen zu bieten schienen, waren Veranlassung gewesen, dafs eine sehr grofse Anzahl derselben in dem Kriegshafen projectirt war. Das dritte oder westliche Bassin sollte nämlich nach dem

Projecte, welches in dem Memoire von Cachin dargestellt ist, eine halbkreisförmige Gestalt erhalten, und mit der geraden Seite oder dem Durchmesser sich an den Vorhafen und an das nördliche Bassin lehnen, indem es mit beiden durch Schleusen in Verbindung stand. In dem ganzen Umfange des Halbkreises sollten aber in radialer Richtung, möglichst nahe neben einander, fünfzehn Trokken-Docks erbaut werden. Nach der erwähnten sehr unangenehmen Erfahrung hat man indessen hiervon Abstand genommen, und es befinden sich neben dem westlichen Bassin, welches gleichfalls eine oblonge Form erhalten hat, nur sieben Trocken-Docks, jedoch auch eben so viele Hellinge. Bei Neubauten von Schiffen sollen letztere ausschliefslich benutzt werden.

Im Jahre 1857 war das westliche Bassin beinahe bis zu seiner vollen Tiefe ausgehoben und mit Mauern eingefafst, auch waren die Schleusenhäupter in den beiden Verbindungen nahe beendigt. Die Schleuse nach dem Vorhafen hatte eine bedeutend gröfsere Weite erhalten, die einige achtzig Fufs zu messen schien. Auffallend war es, dafs auf den Hellingen der Neubau von Schiffen schon seit längerer Zeit begonnen war, so dafs diese gleichzeitig mit dem Bassin fertig werden und sogleich ablaufen sollten, wie letzteres sich mit Wasser füllte. Auch dieses Bassin wurde eben so tief, wie der Vorhafen ausgehoben.

Ein sehr bedeutender Uebelstand besteht darin, dafs zur Zeit des niedrigen Wassers die gröfseren Schiffe weder in den Vorhafen einlaufen, noch denselben verlassen können, weil auf dem anschliefsenden Theile der Rhede noch die nöthige Wassertiefe fehlt. Man war damals mit Sprengungsarbeiten beschäftigt, die jedoch, wie mir gesagt wurde, wegen der vielfachen Unterbrechungen nur sehr langsam vorschritten.

Schliefslich mag noch des Süfswasser-Bassins und der Filtriranstalt erwähnt werden, die sich in dem Gebäude Litt. 31 des Planes befindet. Letzteres ist etwa 180 Fufs lang und 100 Fufs breit. Es enthält im Innern einen ganz freien Raum, durch welchen nur der Länge nach zwei Reihen von je zwölf Pfeilern hindurchführen, die das Gewölbe tragen. In den Umfassungsmauern sind keine Fenster angebracht, weil es Absicht war, nicht nur den Zutritt der Luft, sondern auch des Lichtes abzuhalten, um möglichst jeden Organismus vom Wasser zu entfernen.

Rings um die Umfassungsmauern zieht sich im Innern des Gebäudes ein etwa 15 Fufs breiter Canal hin, dieser enthält das bereits filtrirte Wasser. Hinter demselben und zwar an der einen Giebelseite befindet sich das Bassin, in welches der Bach, die Divette, hineingeleitet wird, und aus diesem fliefst das Wasser in das Filtrum, welches den ganzen übrigen Raum einnimmt. Der Canal soll über 8000 Tonnen, also etwa 26000 Cubikfufs halten. Mittelst einer Dampfmaschine wird das filtrirte Wasser in die Röhrenleitungen zur Seite der Bassins, und aus diesen durch Schläuche unmittelbar in die Wasserbehälter der Schiffe getrieben.

Fünfter Abschnitt.

Die Hafenmündung.



§. 37.

Local-Untersuchungen.

Wenn die passende Anordnung des ganzen Seehafens, und sonach auch die des Binnenhafens mit seinen verschiedenen Einzelheiten, die genaue Untersuchung der localen Verhältnisse dringend fordert, so sind die dabei nöthigen Aufnahmen, Nivellements, Tiefenmessungen, Bohrungen und dergleichen doch dieselben, welche mehr oder weniger bei andern baulichen Anlagen vorkommen. Die richtige Wahl und Einrichtung der Hafenmündung ist dagegen so sehr durch äufsere Umstände bedingt, dafs diese mit ganz besonderer Vorsicht ermittelt und berücksichtigt werden müssen. Wie bereits früher angedeutet worden, und später noch ausführlich nachgewiesen werden wird, läfst sich das tiefe Fahrwasser in und vor der Hafenmündung nur sehr selten unmittelbar durch mechanische Nachhülfe offen erhalten, vielmehr thut dieses allein eine anhaltende oder periodisch wiederkehrende Strömung, und man mufs daher, so oft es sich um die Einrichtung eines neuen Hafens, oder um die Verbesserung eines bestehenden handelt, sich genaue Kenntnifs davon verschaffen, ob und in welchem Maafse Verflachungen zu besorgen sind, und welche Mittel die örtlichen Verhältnisse bieten, um dieselben mit Erfolg zu beseitigen. Die Local-Untersuchungen sind daher in diesem Falle in solcher Ausdehnung erforderlich und zugleich müssen sie sich auf so viele Umstände erstrecken, dafs es nothwendig erscheint, bei dieser Gelegenheit ihrer besonders zu erwähnen.

Vorzugsweise ist eine genaue Aufnahme der Küste bei dem gewöhnlichen Wasserstande, oder wenn Fluth und Ebbe stattfindet, bei bestimmtem Hoch- oder Niedrigwasser nothwendig. Dabei müssen

zugleich die Flufsmündungen und sonstigen Wasserl
nommen werden, so wie auch diejenigen Baulichkeiten
Ufer, Dünen und dergleichen, die bei der Hafen-Anla
kommen. Um jedoch an diese Situation auch sich
messungen nebst den Aufnahmen der Inseln, Klipp
bänke anschliefsen zu können, so sind die scharf m
weit sichtbaren Festpunkte, wie Thurmspitzen, Windn
von Gebäuden und andre, mit grofser Sorgfalt zu be
sollten diese für die in der See auszuführenden Me
genügen, so müssen noch andre passende Signale
gleichfalls festgelegt werden. Endlich ist es aber not
zelne Punkte, die zum Aufstellen von Mefsinstrumente
nen, durch fest eingegrabene Pfähle oder Steine zu be
die Lage derselben gleichfalls sicher zu bestimmen, da
diesen aus jederzeit die Messungen mit Leichtigkeit f
vervollständigen kann, wenn man etwa gewisse Punk
Fahrwassern durch eingesteckte Stangen oder Baa
net hat.

Um die verschiedenen Festpunkte mit Sicherheit
nung einzutragen, und andere zugleich eben so siche
von denen aus man nach diesen gemessen hat, so ist
dig, eine vollständige trigonometrische Operati
zen Messung zum Grunde zu legen und diese zugleich
gen einfachen astronomischen Messungen zu verbinden
Bestimmung des Meridians dienen. Will man die sp
nahmen mit der Boussole machen, oder vielleicht auc
Compas anwenden, um einige Punkte neben den ausge
ken zu bestimmen, so mufs die Abweichung der Magne
falls ermittelt werden.

Die Lage der verschiedenen, sowol auf dem La
dem Wasser festgelegten Punkte stellt sich am übersich
und ist auch am bequemsten und sichersten in die Z
zutragen, wenn man jeden Punkt durch rechtwinl
dinaten bestimmt. Als Anfangspunkt derselben wäh
besonders vorragenden und scharf markirten, zugleich
nen solchen Gegenstand, der voraussichtlich lange Zeit
verändert bleibt, wie etwa den Leuchtthurm, wenn
dem Hafen steht, oder einen Kirchthurm. Die Abscisse

man alsdann in den Meridian, und stelle tabellarisch die Lage aller trigonometrisch gemessenen Punkte nach Abscissen und Ordinaten zusammen, indem man durch das positive oder negative Zeichen bemerklich macht, dafs sie sich in einer oder in der entgegengesetzten Richtung von dem gewählten Anfangspunkte befinden.

Soweit diese Messungen auf dem Lande ausgeführt werden, so ist darüber nichts hinzuzufügen, indem vorausgesetzt werden mufs, dafs der Hafenbaumeister hiermit bekannt ist und zugleich die nöthige Uebung darin besitzt, auch dafs er es versteht, durch hinreichende Controlen und richtige Beurtheilung der Sicherheit seiner Arbeiten solche Fehler zu vermeiden, welche die Brauchbarkeit der Messung in Zweifel stellen könnten. Zur Festlegung einzelner Punkte in der Wasserfläche kann man dieselben durch eingesteckte Stangen oder sogenannte Baaken bezeichnen, die man vom Ufer aus mit dem Mefsinstrumente einschneidet. Die Tonnen, welche das Fahrwasser bezeichnen, wird man zwar jedesmal auch in dieser Weise in die Charte eintragen, da sie jedoch ihre Stelle keineswegs unverändert beibehalten, vielmehr bald nach der einen und bald nach der andern Seite austreiben, so bezeichnen sie keine genau markirten Punkte und am wenigsten darf man sie benutzen, um nach ihnen wieder andere Punkte zu bestimmen.

Die in den Grund eingestofsenen Stangen eignen sich dagegen hierzu sehr wohl, und es liegt offenbar ein grofser Vortheil darin, wenn man zur Aufnahme des Fahrwassers oder der Untiefen zur Seite derselben Festpunkte benutzen kann, die in unmittelbarer Nähe sich befinden. Die speciellen Messungen lassen sich alsdann noch mit hinreichender Sicherheit mit Instrumenten anstellen, die zwar keine besonders scharfe Ablesung gestatten, deren Gebrauch aber selbst auf einem Boote bequem ist. Hierzu gehört namentlich die Boussole, die jedoch, wenn sie auf dem Boote benutzt werden soll, so eingerichtet sein mufs, dafs sie keiner festen Aufstellung bedarf und dafs man beim Visiren zugleich den Grad abliest, auf welchen sich die Magnetnadel einstellt. Die sogenannte Schmalkaldensche Boussole gewährt diesen Vortheil, dasselbe findet auch statt bei dem Peil-Compas, welchen der Schiffer in ähnlicher Weise benutzt. Bei diesen Instrumenten dürfen indessen die Nadeln nicht sehr beweglich sein, weil man sie sonst bei dem Schwanken des Bootes gar nicht zur Ruhe bringen kann. Es empfiehlt sich daher,

die Nadel mit einer vertikalen Achse zu versehn, und diese oben wie unten mit ihren Spitzen in Pfannen laufen zu lassen. Indem man letztere beliebig fest schrauben kann, so wird hierdurch die Gelegenheit geboten, der Nadel diejenige Reibung zu geben, welche sie haben mufs, um bei den Erschütterungen des Bootes nicht in zu starke Schwingungen versetzt zu werden. Einer grofsen Beweglichkeit bedarf sie aber in diesem Falle nicht, weil die unvermeidlichen Schwankungen sie doch nicht zur vollständigen Ruhe kommen lassen. Es ergiebt sich aber hieraus, dafs scharfe Winkelmessungen in dieser Art nicht zu machen sind, es dürfte sogar nur bei ganz ruhiger Witterung gelingen, einen Winkel bis auf 2 oder 3 Grade richtig abzulesen. Wenn so grofse Fehler die Sicherheit der Aufnahme aber nicht beeinträchtigen sollen, so müssen die Festpunkte, an welche man sich anschliefsen will, in unmittelbarer Nähe aufgestellt sein.

Dasjenige Instrument, womit man der Schwankungen des Bootes unerachtet sehr sichere Winkelmessungen ausführen kann, ist der Spiegel-Sextant. Selbst mit dem Taschen-Sextant, bei dem der eingetheilte Kreis nur etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll Radius hat, wird man bei vorsichtigem Gebrauche nicht leicht einen gröfseren Fehler, als von einer Minute machen können. Jedenfalls ist es aber bequemer und sicherer, ein gröfseres Instrument von etwa 5 Zoll Radius zu benutzen. Die Anwendung eines starken Fernrohres erschwert den Gebrauch desselben, weil dabei eines der beiden Bilder wegen der unvermeidlichen Bewegungen leicht verschwindet. Ich habe es immer am bequemsten gefunden, bei den Messungen auf einem Boote gar kein Fernrohr einzuschrauben, vielmehr nur das Rohr zu benutzen, das mit der feinen Visir-Oeffnung versehn ist.

Bei dieser grofsen Sicherheit der Winkel-Messungen ist es leicht, mittelst des Sextanten jeden Punkt, auf dem man sich befindet, gegen bekannte Festpunkte am Ufer mit hinreichender Schärfe zu bestimmen. Das Verfahren, das man hierbei befolgt, wird zwar in den Lehrbüchern der Feldmefskunst unter der Benennung der Potenotschen Aufgabe vorgetragen, doch dürfte es sich rechtfertigen, dasselbe noch für den Fall mitzutheilen, wenn die drei Festpunkte durch rechtwinklige Coordinaten gegeben sind, und man aus diesen und den gemessenen beiden Winkeln gleichfalls die Coordinaten des Beobachtungs-Punktes sucht.

Gemeinhin wiederholt sich der Fall, dafs man nicht nur einen, sondern eine grofse Anzahl von Punkten, deren Tiefen man etwa gemessen hat, festlegen will, und die Rechnungen vereinfachen sich alsdann aufserordentlich, wenn man immer dieselben Festpunkte am Ufer benutzt. Man wähle also drei derselben aus, die jedoch hinreichend weit auseinander liegen, recht scharf markirt und genau bestimmt sind, auch sich nicht zu weit über den Horizont erheben, weil man, wenn das letzte nicht der Fall wäre, in gröfserer Nähe die Winkel in geneigten Ebenen messen würde, die merklich gröfser wären, als ihre Projectionen auf den Horizont. Eine ganz besondere Vorsicht in der Wahl dieser drei Festpunkte bezieht sich aber darauf, dafs der durch sie geschlagene Kreis nicht etwa in die Nähe der Beobachtungslinie fallen darf. Diese Rücksicht begründet sich durch den bekannten Satz, dafs alle Peripherie-Winkel, welche denselben Bogen umfassen, einander gleich sind. Wenn also der Beobachtungspunkt in dem Kreise liegen sollte, der durch die zum Grunde gelegten Festpunkte gezogen werden kann, so würde die Rechnung nur ergeben, dafs der gesuchte Punkt in diesem Kreise liegt, aber die Stelle, an welcher er sich in demselben befindet, würde nicht zu ermitteln sein.

Die Punkte D, E und F in Fig. 114 seien die drei zum Grunde gelegten Festpunkte, und von dem gesuchten Punkte G aus habe man zwischen diesen die Winkel β und γ gemessen. A sei ferner der Anfangspunkt des rechtwinkligen Coordinaten-Systems, AB die Achse der x und AC die der y. Es seien nun die Coordinaten

des Punktes $F \ldots . AP = x$ und $PF = y$
des Punktes $E \ldots . AO = x'$ und $OE = y'$
und des Punktes $D \ldots . AN = x''$ und $ND = y''$

endlich die des gesuchten Punktes G

$$AQ = X \text{ und } QG = Y$$

Die Entfernungen der gegebenen Punkte von einander seien $FE = b$ und $ED = c$ und die Winkel, die diese Linien gegen die Richtung der Abscissen-Achse machen, nenne man ϱ und σ, so wie den Winkel, den die Linie GF gegen dieselbe Achse macht, α. Ferner bezeichne man den Winkel GDE mit ψ und den Winkel GFE mit φ, sowie die Linie EG mit n.

Man hat nun

$$x' - x = b \,.\, \text{Cos}\,\varrho$$
$$y' - y = b \,.\, \text{Sin}\,\varrho$$

folglich

$$tgt\,\varrho = \frac{y' - y}{x' - x}$$

und

$$b = \frac{x' - x}{\text{Cos}\,\varrho} = \frac{y' - y}{\text{Sin}\,\varrho}$$

Eben so ist auch

$$x'' - x' = c \,.\, \text{Cos}\,\sigma$$
$$y'' - y' = c \,.\, \text{Sin}\,\sigma$$

folglich

$$tgt\,\sigma = \frac{y'' - y'}{x'' - x'}$$

und

$$c = \frac{x'' - x'}{\text{Cos}\,\sigma} = \frac{y'' - y'}{\text{Sin}\,\sigma}$$

Endlich der Winkel

$$DEF = 180° + \varrho - \sigma$$

Dieser Theil der Rechnung bezieht sich allein auf die drei gegebenen Festpunkte, man braucht denselben also nur ein für allemal auszuführen, ohne dafs man bei der Bestimmung eines neuen Punktes G ihn zu wiederholen hat.

Aus dem Dreiecke EFG ergiebt sich

$$\text{Sin}\,\varphi = \frac{n \,.\, \text{Sin}\,\beta}{b}$$

und aus dem Dreiecke EDG

$$\text{Sin}\,\psi = \frac{n \,.\, \text{Sin}\,\gamma}{c}$$

Man hat also

$$\frac{\text{Sin}\,\psi}{\text{Sin}\,\varphi} = \frac{b \,.\, \text{Sin}\,\gamma}{c \,.\, \text{Sin}\,\beta}$$

und wenn man diesen ächten oder unächten Bruch gleich $tgt\,\lambda$ setzt, so kann man λ berechnen, insofern b, c, γ und β bekannt sind.

$$tgt\,\lambda = \frac{\text{Sin}\,\psi}{\text{Sin}\,\varphi}$$

also

$$1 + tgt\,\lambda = \frac{\text{Sin}\,\varphi + \text{Sin}\,\psi}{\text{Sin}\,\varphi}$$

und

$$1 - tgt\,\lambda = \frac{\text{Sin}\,\varphi - \text{Sin}\,\psi}{\text{Sin}\,\varphi}$$

folglich

$$\frac{1 + tgt\,\lambda}{1 - tgt\,\lambda} = \frac{\text{Sin}\,\varphi + \text{Sin}\,\psi}{\text{Sin}\,\varphi - \text{Sin}\,\psi}$$

Die Ausdrücke sowol links, als rechts vom Gleichheits-Zeichen lassen sich indessen, wie bekannt, für die logarithmische Berechnung bequem umformen, nämlich

$$tgt\,(45^\circ + \lambda) = \frac{tgt\,\frac{1}{2}\,(\varphi + \psi)}{tgt\,\frac{1}{2}\,(\varphi - \psi)}$$

also

$$tgt\,\tfrac{1}{2}\,(\varphi - \psi) = tgt\,\tfrac{1}{2}\,(\varphi + \psi)\,.\,\text{Cotg}\,(45^\circ + \lambda).$$

Hiernach kann man den Winkel $\varphi - \psi$ berechnen. Man kennt nämlich schon λ, und aufserdem ist

$$\begin{aligned} \varphi + \psi &= 360^\circ - DEF - \beta - \gamma \\ &= 180^\circ + \sigma - \varrho - \beta - \gamma \end{aligned}$$

Die Winkel φ und ψ sind folglich bekannt, daher findet man auch

$$n = \frac{b\,.\,\text{Sin}\,\varphi}{\text{Sin}\,\beta} = \frac{c\,.\,\text{Sin}\,\psi}{\text{Sin}\,\gamma}$$

Endlich ist auch der Winkel α, den die Visir-Linie FG mit der Achse der Abscissen macht, leicht zu bestimmen, nämlich

$$\begin{aligned} \alpha &= \varrho + \varphi - 180^\circ \\ &= \sigma - \psi - \beta - \gamma \end{aligned}$$

Hieraus ergeben sich schliefslich die gesuchten Coordinaten des Punktes G, nämlich

$$\begin{aligned} X &= x' - n\,\text{Cos}\,(\alpha + \beta) \\ Y &= y' - n\,\text{Sin}\,(\alpha + \beta) \end{aligned}$$

Es mufs hierbei sogleich darauf aufmerksam gemacht werden, dafs wenn der gesuchte Punkt G in denselben Kreis fallen sollte, der die drei zum Grunde gelegten Festpunkte D, E und F trifft, dafs alsdann die Summe der beiden Winkel φ und ψ gleich 180 Graden sein würde, weil die beiden Bogen, welche dieselben als Peripherie-Winkel umfassen, sich zum vollen Kreise oder zu 360 Graden ergänzen. Man hätte also

$$\varphi + \psi = 180^\circ$$

folglich

$$\text{Sin}\,\varphi = \text{Sin}\,\psi$$

also

$$tgt\,\lambda = 1$$

oder

$$\lambda = 45^\circ$$

Man würde hieraus finden

$$tgt \tfrac{1}{2}(\varphi - \psi) = tgt\, 90^\circ \,.\, \mathrm{Cotg}\, 90^\circ$$
$$= \frac{\infty}{\infty} = \frac{0}{0}$$

Der Werth von $\varphi - \psi$ bliebe also ganz unbestimmt, sobald man aber für φ oder für ψ einen bestimmten Winkel annähme, so wäre dadurch auch der andre Winkel gegeben, weil beide zusammen gleich 180 Graden sind. Man sieht hieraus, dafs bei solcher Lage des Punktes G die Coordinaten desselben gar nicht gefunden werden können, vielmehr die Rechnung nur ergiebt, dafs derselbe in jenen Kreis trifft. Es leuchtet aber ein, dafs auch in dem Falle, wenn G sehr nahe an diesem Kreise liegt, das Resultat der Rechnung höchst unsicher ausfallen mufs, weil alsdann geringe Fehler in der Winkel-Bestimmung sehr grofsen Einflufs auf die Coordinaten haben. Man mufs daher jene drei Punkte so auswählen, dafs der durch dieselben gezogene Kreis nicht diejenige Wasserfläche schneidet, in welcher man mittelst dieser Messungen die Lage einzelner Punkte bestimmen will.

Die Zahlen-Rechnung bietet keine Schwierigkeit, man mufs nur bei Angabe der Coordinaten der Festpunkte das Zeichen derselben gehörig berücksichtigen, je nachdem sie rechts oder links, und über oder unter den angenommenen Anfangspunkt des Coordinaten-Systems fallen. Alsdann ergiebt sich schon aus den Zeichen der Ausdrücke für $tgt\ \varrho$ und $tgt\ \sigma$, ob diese Winkel in den ersten oder in den zweiten Quadranten fallen. Dasselbe gilt auch für den Winkel α.

Der Punkt G, dessen Lage man sucht, kann leicht eine solche Stelle einnehmen, dafs die drei Festpunkte nicht mehr in derselben Reihenfolge gesehn werden, wie sie von andern Punkten aus erscheinen. Wenn zum Beispiel der Punkt G bis zu einer gewissen Tiefe unter die Abscissen-Linie herabgesunken ist, so wird man in der Richtung von der Linken zur Rechten zuerst den Punkt F, alsdann D und ganz rechts den Punkt E sehn. Um in solchem Falle keinen Irrthum zu begehn, darf man nicht vergessen, dafs FGE der Winkel β, und EGD der Winkel γ ist, und dafs letzterer, insofern er vom Punkte E nach der rechten Seite gemessen werden sollte, nunmehr negativ geworden ist. Dasselbe kann auch mit dem Winkel β geschehn. Jedenfalls müssen diejenigen Richtungen, die bei der Entwickelung der Formeln als positiv angesehn waren, und

zwar eben sowol für Winkel, wie für lineäre Entfernungen, consequent beachtet, also mit dem Minus-Zeichen versehn werden, sobald sie in entgegengesetztem Sinne gemessen sind.

Wenn die vorstehende, sehr ausführliche Behandlung dieser rein geometrischen Aufgabe vielleicht überflüssig erscheinen sollte, so darf nicht unbeachtet bleiben, dafs sie bei Aufnahme der Fahrwasser und Untiefen vor einem Hafen sich fortwährend wiederholt, und mit ihrer Hülfe allein, ohne kostbare und zeitraubende Aufstellung von hohen und weit sichtbaren Signalen, eine richtige Charte zusammengetragen werden kann. Wenn man aber zum Bau solcher Signale sich auch entschliefsen wollte, welche unmittelbar die Alignements angeben, so würde dennoch die Anzahl derselben immer sehr beschränkt bleiben müssen und die Charte würde nicht so vollständig werden, wie man auf die beschriebene Art sie leicht machen kann. Andrerseits pflegt man von der vorstehend entwickelten Methode, wenn sie im Wesentlichen auch bekannt ist, doch viel seltener Gebrauch zu machen, als sie es verdient, weil man theils die Messungen vom Boote aus, an die man nicht gewöhnt ist, theils auch die Rechnungen, die man als übermäfsig zeitraubend ansieht, vermeiden will. Man hilft sich daher gewöhnlich damit, dafs man vier kleine Flaggen an verschiedene vorher bestimmte Punkte auf dem Ufer zur Bezeichnung je zweier Richtungslinien aufstellen läfst, und in den jedesmaligen Schnittpunkten die Tiefen mifst. Auch geschieht es, dafs man aus zwei Stationen auf dem Ufer mittelst Mefsinstrumente das Boot jedesmal einschneidet, so oft die Tiefe gemessen und alsdann auf dem Boote eine Flagge gezeigt wird. In beiden Fällen braucht man aber sehr zuverlässige Gehülfen, die man nicht controliren kann, aufserdem sind Verwechselungen dabei leicht möglich, und endlich sind in weiteren Entfernungen die Flaggen nicht sicher zu erkennen. Die vorstehend empfohlne Methode verdient daher unbedingt den Vorzug, und es wird sich rechtfertigen, dieselbe noch durch ein Zahlenbeispiel näher zu erläutern.

Die drei weit sichtbaren Festpunkte, die man bei allen Aufnahmen vor einem Hafen benutzen will, müssen durch trigonometrische Operationen vorher mit hinreichender Genauigkeit festgelegt sein. Ihre Coordinaten mögen beispielsweise die nachstehenden Längen und zwar in Ruthen haben:

für den Punkt F sei $x = +15{,}36$ und $y = -107{,}29$

$E \ldots x' = -43{,}73$ und $y' = +29{,}32$

$D \ldots x'' = +81{,}25$ und $y'' = +156{,}88$

Man findet hieraus, dafs die Tangente von ϱ einen negativen, die von σ dagegen einen positiven Werth hat, also ϱ ist gröfser als 90 Grade.

$$\varrho = 113^\circ\ 23',4$$

und $$\sigma = 45^\circ\ 35',1$$

ferner ist $$b = 148{,}84 \text{ oder } \log b = 2{,}17272$$

und $$c = 178{,}58 \text{ oder } \log c = 2{,}25184$$

Endlich ergiebt sich noch der Winkel

$$DEF = 247^\circ\ 48',3$$

Dieser Theil der Rechnung bezieht sich ausschliefslich auf die drei zum Grunde gelegten Festpunkte, und so lange man diese wieder benutzt, darf derselbe nicht wiederholt werden.

Man habe nun von einem gewissen Punkte G aus, dessen Lage man sucht, die Winkel

$$\beta = FGE = 11^\circ\ 18',2$$

und $$\gamma = EGD = 10^\circ\ 32',3$$

gemessen. Man findet alsdann nach der Formel

$$tgt\,\lambda = \frac{b \,.\, \text{Sin}\,\gamma}{c \,.\, \text{Sin}\,\beta}$$

$$\lambda = 37^\circ\ 52',3$$

und nach dem Ausdrucke

$$\varphi + \psi = 180^\circ + \sigma - \varrho - \beta - \gamma$$

$$\varphi + \psi = 90^\circ\ 21',2$$

folglich $$45^\circ + \lambda = 82^\circ\ 52',3$$

und $$\tfrac{1}{2}(\varphi + \psi) = 45^\circ\ 10',6$$

Durch Einführung dieser Werthe in den Ausdruck

$$tgt\,\tfrac{1}{2}(\varphi - \psi) = tgt\,\tfrac{1}{2}(\varphi + \psi) \,.\, \text{Cotg}\,(45^\circ + \lambda)$$

findet man

$$\tfrac{1}{2}(\varphi - \psi) = 7^\circ\ 10',3$$

also $$\varphi = 52^\circ\ 20',9$$

$$\psi = 38^\circ\ 0',3$$

Nunmehr läfst sich die Länge der Linie EG berechnen, nämlich

$$n = \frac{b \,.\, \text{Sin}\,\varphi}{\text{Sin}\,\beta} = \frac{c \,.\, \text{Sin}\,\psi}{\text{Sin}\,\gamma}$$

$$= 601{,}21 \text{ oder } \log n = 2{,}77903$$

erner ist $\alpha = \varrho + \varphi - 180^\circ = \sigma - \psi - \beta - \gamma$

$$\alpha = -14^\circ\, 15',6$$

lso $\alpha + \beta = -3^\circ\, 43',3$

Die gesuchten Coordinaten des Punktes G findet man aus den Gleichungen

$$X = x' - n \,.\, \text{Cos}\,(\alpha + \beta)$$

und $Y = y' - n \,.\, \text{Sin}\,(\alpha + \beta)$

$$X = -643{,}69$$

und $Y = +68{,}35$

Man braucht also, wenn man von den kleinen Additionen und Subtractionen absieht, bei jeder Rechnung dieser Art nur zwölfmal die Logarithmen-Tafeln nachzuschlagen, was bei Benutzung von fünfstelligen Tafeln und selbst bei wenig Uebung nur etwa eine Viertel Stunde kosten würde, also eine höchst geringfügige Arbeit ist. Hiernach rechtfertigt es sich durchaus nicht, statt dieser Rechnung, Constructions-Methoden zu wählen, und etwa durch Rückwärts-Einschneiden die Lage des Punktes G zu suchen, oder zu diesem Zwecke einen Rahmen mit drei Fäden zu benutzen, die unter den Winkeln β und γ gegen einander gerichtet sind. Man darf nicht unbeachtet lassen, dafs Winkel nicht leicht mit derselben Schärfe aufgetragen werden können, wie Linien, und am wenigsten ist dieses zu erwarten, wenn die Winkel, wie in diesem Falle oft geschieht, nur sehr klein sind.

Das beschriebene Verfahren dient zur Bestimmung einzelner besonders wichtiger Punkte in der Wasserfläche, wie etwa von Felsen, Schiffswracken und dergleichen, die man bei ruhiger Witterung vom Ufer aus nicht wahrnehmen kann, vorzugsweise ist es aber auch brauchbar, um die gemessenen Tiefen in die Charte richtig einzutragen. Ueber die Tiefen-Messung selbst ist wenig hinzuzufügen, da von den hierzu dienenden Instrumenten und ihrer Handhabung bereits ausführlich die Rede gewesen ist (im II. Theile dieses Handbuches § 60). Man wird aber bei den in Rede stehenden Aufnahmen nur die Peilstange und ein gewöhnliches Handloth gebrauchen, da sehr grofse Tiefen in der Nähe der Häfen nicht vorzukommen pflegen, oder wo solche sich vorfinden, die Messung derselben meist entbehrlich ist.

Es wäre nur daran zu erinnern, dafs der Wasserstand jederzeit sehr sorgfältig berücksichtigt werden mufs, und dafs man an

solchen Meeren, wo keine merkliche Fluth und Ebbe statt findet, die Tiefen auf den mittleren Spiegel der See oder auf das Tagewasser zu reduciren pflegt. Wo dagegen ein auffallender Fluthwechsel vorkommt, mufs während der Tiefenmessung der Wasserstand in kurzen Zwischenzeiten an dem Pegel genau beobachtet und zugleich auch die Zeiten notirt werden, in welchen die einzelnen Tiefen gemessen sind. In England und Frankreich ist es üblich, die Horizontal-Ebene, auf welche die eingetragenen Tiefen sich beziehn, in das Niedrig-Wasser der Aequinoctial-Springfluthen zu legen. Jedes einzelne Maafs ist daher um soviel zu vermindern, als zur Zeit der Messung das Wasser am Pegel über diesem Horizonte stand. Vortheilhaft ist es immer, die Tiefenmessungen um die Zeit des Niedrig-Wassers auszuführen, weil alsdann die Aenderungen nicht so bedeutend sind, doch ist es häufig nicht zulässig, die Arbeitszeit in dieser Weise zu beschränken. Man wird jedoch sichere Tiefenmessungen nur vornehmen können, wenn die See ziemlich ruhig ist, weil sonst die Erhebungen und Senkungen des Wasserspiegels beim Wellenschlage die genaue Ablesung der Tiefen unmöglich machen.

Die Tiefen werden am übersichtlichsten in die Charte eingetragen, wenn man diejenigen Linien markirt, auf denen gleiche Tiefe statt findet, aufserdem aber noch die höchsten und die niedrigsten Stellen des Grundes bezeichnet. Man sucht also die Linien von 1, 2, 3 Faden u. s. w. auf, oder fügt auch noch die Linien hinzu, in welchen die Tiefen um einen halben Faden, oder um 3 Fufs gröfser sind. Diese Operation würde überaus zeitraubend sein, wenn man diese Linien in der Art aus einzelnen Punkten zusammensetzen wollte, dafs man auf den Stellen, welche die vorher bestimmte Tiefe haben, das Boot durch Anker festlegt und nunmehr die Winkel zwischen den gegebenen Festpunkten mifst. Viel schneller führt es zum Ziele, wenn man das Boot in möglichst gleichmäfsiger aber langsamer Bewegung erhält und anhaltend die Tiefen, wie auch die Winkel mifst.

Am Einfachsten ist dieses Verfahren, wenn das Boot in einer am Ufer markirten Richtungslinie sich bewegt. Man braucht alsdann nur den Winkel zwischen dieser Linie und einem dritten Festpunkte zu messen, um den Abstand des Bootes von diesem dritten Punkte berechnen zu können, während die Linie, in der ge-

fahren wird, unmittelbar in die Charte eingetragen werden kann. Zu solcher Messung sind indessen mehrere Personen erforderlich. Außer den Ruderern, die das Boot möglichst gleichmäßsig und langsam in Bewegung setzen, muß ein zuverlässiger Mann das Steuer führen, der das angegebene Alignement genau beachtet, und eben sowol wenn das Boot vom Ufer aus nach der offenen See, als wenn es umgekehrt nach dem Ufer fährt, diese Linien inne hält, so daß die jedesmaligen Alignements-Punkte sich fortwährend decken. Ein andrer Arbeiter muß den Peilstock ausstecken, die Tiefen richtig ablesen und dieselben laut ausrufen. Bei größeren Tiefen bedient er sich des Lothes, es kommt indessen sehr darauf an, daß die einzelnen Messungen in gleichen und nicht gar zu langen Zwischenzeiten auf einander folgen. Ein Gehülfe schreibt ferner jede einzelne abgelesene Tiefe in eine Spalte der Tabelle, deren Ueberschrift die Richtungslinie bezeichnet. Endlich müssen auch die Winkel gegen den außerhalb der Alignements-Linie befindlichen Festpunkt mit dem Sextanten gemessen werden, und diese Operation, als die schwierigste, übernimmt der Hafenbaumeister selbst. Es kommt darauf an, in jener Tabelle den Winkel an der Stelle einschreiben zu lassen, wo die beiden Bilder im Sextanten wirklich zusammenfielen. Man muß also, sobald dieses geschieht, ein Zeichen geben, daß diese Stelle zwischen den Tiefenmaaßen sogleich markirt wird. Thäte man dieses nicht und wollte man zuerst den Winkel ablesen, so würde wenigstens eine und meist mehrere Tiefen in dieser Zwischenzeit schon notirt sein, also der Winkel und folglich auch der daraus hergeleitete Beobachtungs-Ort würde unrichtig angegeben werden. Ich habe es besonders bequem gefunden, den Sextant vorher auf einen bestimmten Winkel einzustellen, und den Zeitpunkt abzuwarten, wo die beiden Bilder bei dieser Einstellung sich deckten. In dem Augenblicke, wo dieses geschieht, wird alsdann der vorher schon abgelesene Winkel ausgerufen, und so kommt letzterer gleich an die richtige Stelle der Tabelle. Es tritt dabei auch noch der sehr wesentliche Vortheil ein, daß die Einstellung des Sextanten auf Winkel etwa von 10 zu 10 Minuten das Auge viel weniger angreift, als wenn diese Einstellung ganz zufällig erfolgt ist, und der Winkel demnächst scharf abgelesen werden soll. Dieser Umstand ist von großer Bedeutung, wenn solche Messungen mehrere Stunden hindurch fortgesetzt werden. Man wird auch leicht

bemerken, wie weit jedesmal die Verstellung des Winkels erfolgen mufs. Fährt man nach den Festpunkten hin, so vergröfsert sich der Winkel, er verkleinert sich aber, wenn man sich von demselben entfernt. Eines wie das andre geschieht aber nicht gleichmäfsig, wenn das Boot sich gleichmäfsig bewegt. Man wird daher, je nachdem die Perioden der Messung zu grofs oder zu klein werden, auch verschiedene Aenderungen des Winkels wählen müssen.

Obwohl dieses Verfahren sowol in der Ausführung der Messung, wie auch in der darauf folgenden Berechnung überaus bequem ist, so fordert es doch die Bezeichnung einer grofsen Anzahl von Richtungslinien, und man sieht sich daher gezwungen, wenigstens das vordere Signal für jede derselben verstellen zu lassen. Dieser Umstand bedingt eine mäfsige Gröfse desselben, und hieraus ergiebt sich wieder, dafs es in der Entfernung von einer Viertel oder einer halben Meile nicht mehr deutlich zu erkennen ist, dazu kommt aber noch, dafs der Matrose, der das Steuer führt, selbst wenn er das Signal auch noch deutlich sehn kann, die vorgeschriebene Richtung gemeinhin nicht so genau inne hält, wie die nothwendige Sicherheit der Messung es fordert. Ich habe vielfach bemerkt, dafs selbst sehr bedeutende Abweichungen eintraten, und wenn ich auf diese aufmerksam machte, dafs alsdann so scharf in die Richtungslinie wieder eingefahren wurde, dafs das Boot über dieselbe hinausging und sich auf der andern Seite in gleicher Weise davon entfernte. Hiernach ist es gewifs vortheilhafter, eine Messungsart zu wählen, wobei diesen unvermeidlichen Abweichungen vollständig Rechnung getragen wird. Hierzu dient nun die vorstehend ausführlich beschriebene Methode, wonach zwischen je drei Festpunkten die Winkel gemessen werden. Dabei tritt aber noch der sehr grofse Vortheil ein, dafs man die Richtungslinien und somit jenes bewegliche Signal vollständig entbehrt.

Man läfst in diesem Falle nach einem gewissen Compas-Striche steuern, und bei dem Zurückfahren nach dem diametral entgegengesetzten. So erhält man eine Anzahl von parallelen Profilen, aus welchen sich die gesuchten Tiefenlinien leicht darstellen lassen. Es ist hierbei aber nothwendig, dafs die Winkel von zwei Personen, also auch mit zwei Sextanten gemessen werden. Jeder Beobachter mifst die Winkel zwischen je zwei vorher bestimmten Festpunkten.

Die Tabelle enthält alsdann drei Columnen. In die erste werden die Tiefen geschrieben, in die zweite die Winkel zwischen den Festpunkten *D* und *E* und in die dritte diejenigen zwischen *E* und *F*. Diese Winkel sind vorher eingestellt, und im Momente, wo die Bilder sich decken, wird der vorher abgelesene Winkel ausgerufen und ehe noch die folgende Tiefe eingeschrieben wird, vor derselben in der Tabelle notirt. Ueberaus bequem werden diese Messungen, wenn man statt des Ruderbootes ein Dampfboot benutzt, woselbst man mehr Raum hat, um bei den Messungen nicht behindert zu sein, und wo auch der Peilstock, wie das Loth, sich mit gröfserer Leichtigkeit benutzen läfst.

In welcher Weise diese Tabellen zur Auffindung der Tiefenlinien benutzt werden, bedarf kaum der Erwähnung. Man suche zum Beispiel in einer der durchfahrenen Linien die Stelle, wo die Tiefe beim mittleren Wasserstande 18 Fufs beträgt. Der Pegel möge zur Zeit der Messung 6 Zoll über dem mittleren Stande markirt haben. Alsdann ist in der Tabelle die Stelle zu wählen, wo die Tiefe von 18 Fufs 6 Zoll gemessen wurde. Die Tiefenmessungen erfolgen in möglichst gleichen Zwischenzeiten, man darf daher annehmen, dafs die Winkel in diesen kleinen Zwischenzeiten sich auch gleichmäfsig verändern, und sonach kann man durch Interpolation leicht die Gröfsen derselben finden, welche dieser Tiefe entsprechen. Aus den Winkeln ergeben sich aber die Coordinaten dieses Punktes und sonach eine Stelle der Dreifaden-Linie. Es ist dabei aber ohne Einflufs, ob das Boot in einer ganz geraden Linie sich bewegte, oder von derselben bedeutend abwich. Die vorgekommenen Abweichungen ergeben sich sehr deutlich, wenn man die einzelnen Punkte eines Profiles berechnet und in die Charte einträgt.

In der beschriebenen Art läfst sich schnell und mit grofser Sicherheit die vor dem Hafen befindliche Wasserfläche aufnehmen. Man erhält, sobald die Tiefenlinien aufgetragen sind, ein sehr übersichtliches Bild derselben, das um so vollständiger ist, je näher die Profile neben einander liegen. Nichts desto weniger wird man in den meisten Fällen sich hiermit noch nicht begnügen können, und vielmehr genöthigt sein, einzelne Stellen, und namentlich solche, wo besonders starke Veränderungen der Tiefe vorkommen, noch besonders aufzunehmen, indem man daselbst entweder das Boot fest-

legt, und wieder die Winkel zwischen drei Festpunkten mifst, oder bei mäfsiger Tiefe, indem man eine Signalstange oder Baake auf die Untiefe steckt, und deren Lage vom Ufer aus bestimmt.

In dieser Weise sind die in Fig. 101 dargestellten Tiefenlinien vor dem Swinemünder Hafen bestimmt worden, und dieselben Messungen werden in jedem Jahre wiederholt, um die Aenderungen wahrzunehmen, welche in den Sandablagerungen vorgehn. Man hatte hier früher die Methode angewendet, dafs man am Strande gewisse Alignements in zwei Richtungen darstellte, und in den Durchschnittspunkten der so bestimmten Linien die Tiefen maafs. Die Signale bestanden indessen nur aus Fähnchen, die man nicht weit sehn konnte, und so geschah es, dafs man die Sandbank, die sich vor dem Kopfe der westlichen Mole ablagerte, gar nicht vollständig aufnehmen konnte, und ihre Ausdehnung ganz unbekant geblieben war.

Aus den beschriebenen Tiefenmessungen läfst sich schon in mancher Beziehung auf andere locale Verhältnisse und namentlich auf die daselbst stattfindenden Strömungen sehr sicher schliefsen. So stellt sich aus der erwähnten Zeichnung ganz unverkennbar heraus, dafs die von Westen nach Osten gerichtete Strömung hier vorherrschend sein mufs, und dafs diese die Sandmassen herbeigeführt hat, welche vor und neben der Hafenmündung sich so auffallend ablagern. Dieselben treten nämlich auf der westlichen Seite besonders stark vor, und wenn sie auch in der Richtung der Hafenmündung fehlen, weil der neben dem Kopfe der östlichen Mole concentrirte sehr starke Strom sie immer durchbricht und beseitigt, so sieht man doch, dafs die Vierfaden-Linie eine scharf vortretende Zunge bildet, welche die besonders tief gehenden Schiffe zwingt, von der gewöhnlichen Einseglungs-Linie (welche durch die Landbaake und die Winkbaake bezeichnet ist) abzuweichen, und nahe um den Kopf der Ostmole herumzufahren. Auffallend ist es auch, dafs dieselbe Sandbank, welche sich an die Westmole anschliefst, ungefähr parallel zur Hafenmündung gerichtet und an ihrer westlichen Seite sehr scharf begrenzt ist. Man bemerkt hier sogar, dafs die Zwei- und Drei- und Vierfaden-Linien stellenweise sehr nahe zusammentreffen, dafs also die Sandablagerung hier sehr steil abfällt. Dieses kann nur geschehn, wenn eine besonders heftige Strömung vorbeistreicht. Ohne Zweifel ist dieses der westliche Küstenstrom, der

das Ufer verfolgt, und plötzlich von den Hafendämmen und dem starken ausgehenden Strome unterbrochen und gezwungen wird, sich nordwärts zu wenden. Er verstärkt sich vor dem Kopfe der Westmole noch durch die Bewegung, die ihm durch das aus dem Hafen austretende Wasser mitgetheilt wird, wie dieses jederzeit geschieht, wo ein heftiger Strom in ruhendes oder in wenig bewegtes Wasser tritt. Endlich wäre noch darauf aufmerksam zu machen, dafs nur unmittelbar neben der Hafenmündung die Tiefenlinien unregelmäfsig vortreten, dafs sie aber sonst nahe parallel zum Ufer gerichtet sind.

Zu denjenigen Untersuchungen, welche der Aufstellung eines Projectes zum Neubau oder zur Verbesserung eines Hafens vorangehn müssen, gehören ferner sorgfältige und längere Zeit hindurch fortgesetzte Wasserstands-Beobachtungen, und zwar sind dieselben eben so nothwendig, wenn ein merklicher Fluthwechsel statt findet, als wenn ein solcher fehlt. Man mufs wissen, wie tief das Wasser zuweilen herabsinkt, und wie oft und wie lange solche niedrigen Wasserstände zu erwarten sind, um beurtheilen zu können, ob sie einen wesentlichen Einflufs auf die Schiffahrt ausüben. Auch die höchsten Wasserstände und die Perioden, in welchen diese durchschnittlich eintreten, dürfen nicht unbeachtet bleiben. Die Kenntnifs derselben ist namentlich erforderlich, um die angemefsne Höhe der Hafendämme und Kais zu bestimmen. In welcher Weise diese Beobachtungen angestellt werden, ist bereits früher ausführlich erörtert worden (§ 61 im zweiten Theile dieses Handbuches, so wie in Betreff der Fluthbeobachtungen § 6 dieses dritten Theiles).

Demnächst müssen die Strömungen, welche sowol in dem Hafen, und namentlich in dessen Mündung statt finden, als auch diejenigen, die sich längs dem Ufer hinziehn, untersucht werden. Die Feststellung derselben und die Messung der Geschwindigkeiten ist jedoch viel schwieriger, als in den binnenländischen Flüssen, weil sie nicht dauernd sind und vielmehr in kurzen Zwischenzeiten sich so sehr zu ändern pflegen, dafs sie sogar ganz entgegengesetzte Richtungen annehmen. Sie entstehn nicht dadurch, dafs an bestimmten Stellen anhaltend ein höherer Wasserstand unterhalten wird, von wo der Abflufs statt findet, die Niveau-Differenzen bilden sich vielmehr vorzugsweise durch die Fluth und Ebbe, oder durch die Winde, welche bald das Wasser vor der Küste aufstauen, bald

es von derselben forttreiben. Die Strom-Mündungen selbst pflegen aber so weite Profile zu haben, dafs das Gefälle in ihnen sehr geringe ist, und daher beim Wachsen des Wassers in der See nicht nur vollständig aufgehoben, sondern sogar in ein entgegengesetztes verwandelt wird. Indem nun aber die Erhaltung der Tiefe in der Hafenmündung vorzugsweise von der hindurchgehenden Strömung abhängig ist, aufserdem auch die letztere, so wie die Küstenströmung, das Aus- und Einkommen der Schiffe wesentlich erleichtert, oder erschwert, so ist eine genaue Kenntnifs derselben dringend geboten.

Vorzugsweise vor solchen Küsten, wo ein starker Fluthwechsel statt findet, bilden sich zuweilen ganz eigenthümliche Strömungen, und da die Schiffe meist mit der Fluth ankommen, und bei der Ebbe auslaufen, so kommt es darauf an, die Hafenmündungen so anzuordnen, dafs die Schiffe beim Passiren der letzteren nicht etwa durch diese Strömungen gedreht oder versetzt werden. Man darf aber nicht annehmen, dafs die Veränderungen des Stromes plötzlich eintreten, es erfolgt vielmehr am Ende der Fluth, wie auch der Ebbe an den Meeresufern ein langsamer Uebergang aus einer Richtung in die andre, und an manchen Stellen dreht der Strom sich sogar um den ganzen Horizont. Bei solchen Uebergängen nimmt er indessen keineswegs auf weit ausgedehnten Flächen immer dieselbe Richtung an, vielmehr kann man schon aus der Lage der ankernden Schiffe deutlich sehn, dafs er selbst in sehr mäfsigen Abständen sich ganz verschieden gestaltet.

Um diese Strömungen zu erkennen, welche beim jedesmaligen Umsetzen der Fluth in die Ebbe, oder umgekehrt eintreten, mufs man eine gröfsere Anzahl gleichzeitiger Beobachtungen machen, und es eignet sich hierzu vorzugsweise die Methode, dafs man mehrere Schwimmer aussetzt, die in auffallender Weise bezeichnet sind, so dafs man sie sicher von einander unterscheiden kann. Indem man die Wege derselben verfolgt, so ergiebt sich daraus nicht nur die Richtung, sondern auch die Stärke der Strömung an den einzelnen Stellen, oder die Geschwindigkeit derselben. Dieses Verfahren wurde vom Baudirector Hübbe an der untern Elbe angewendet, als es vor mehreren Jahren Absicht war, den Hafen von Cuxhaven zu verbessern. Die Schwimmer wurden in einer Reihe und zwar in verschiedenen Abständen vom Ufer, ausgesetzt,

und von zwei Stationen aus, wo Mefstische aufgestellt waren, abwechselnd und zwar gleichzeitig eingeschnitten. Man verfolgte sie in der vorher bestimmten Reihenfolge mit dem an der Alhidade angebrachten Fernrohre, und auf ein gegebenes laut hörbares Zeichen stellte man die Alhidaden fest und zog die Richtungslinien aus. Neben diese wurde sogleich zur Vermeidung von Verwechselungen die Zeit und die Bezeichnung des Schwimmers beigeschrieben. Dasselbe Verfahren ist auch an der Jade, sowie auch bei Swinemünde angewendet worden. Fig. 115, *a* und *b* zeigt einen solchen Schwimmer. Zwei Bretter, 3 Fufs lang, 6 Zoll hoch und 1 Zoll stark, sind durch Ueberschneidung bis zu ihrer halben Höhe mit einander verbunden, und ein starker hindurchgetriebener Draht giebt dieser Verbindung noch gröfsere Festigkeit. An dem letzteren befinden sich diejenigen Marken, die zur sichern Unterscheidung der verschiedenen Schwimmer dienen. Die grofse Fläche, die bei jeder Stellung des Schwimmers vom Strome getroffen wird, giebt Veranlassung, dafs sie dem letzteren sehr sicher folgen, wenn auch ein mäfsiger Wind in andrer Richtung weht.

Wenn jeder einzelne Schwimmer etwa in jeder Viertelstunde zweimal beobachtet wird, so kann man durch Verbindung der Linien, die auf beiden Reifsbrettern gezogen sind, den Weg, den er zurückgelegt hat, sehr deutlich erkennen, und es ergeben sich hieraus nicht nur die verschiedenen Richtungen, sondern auch die Geschwindigkeiten der Strömungen in der ganzen umfafsten Wasserfläche, die gleichzeitig statt finden. Bei Swinemünde war der ausgehende Strom neben der östlichen Mole jedesmal viel stärker, als an der westlichen. Er hatte dort etwa die dreifache Geschwindigkeit von der hier beobachteten, und in einzelnen Fällen, wenn der Strom nur schwach war, hörte er hier sogar ganz auf. Bei östlichen Winden verfolgten die Wasserfäden, die sich längs der östlichen Mole hinzogen, die Richtung der letzteren, während die weiter westlich belegenen scharf um den Kopf der Westmole umbogen und eine Richtung annahmen, die dem Ufer parallel war. Bei eingehendem Strome, und selbst bei schwachen östlichen Winden, strömte dagegen das Wasser noch von der westlichen Seite zu und drehte wieder scharf um den Kopf der Westmole in den Hafen. Obwohl diese Bewegung nur sehr langsam erfolgte, so gab sie doch wieder das Vorherrschen der westlichen Küstenströmung zu erkennen.

Die erwähnten Messungen beziehn sich allein auf die obern Wasserschichten, und vielfach ist man der Ansicht, dafs die untern Schichten neben den Hafenmündungen ganz andre Bewegungen annehmen, weil man glaubt, dafs das süfse und das Seewasser sich nicht leicht vermischen, und bei ihrem Zusammentreten daher eine Einströmung des letzteren über dem Grunde und ein Ausströmen des ersteren in der Oberfläche eintreten kann. Um in dieser Beziehung die Messungen zu vervollständigen, wurden noch die sogenannten Cabeo'schen Stäbe angewendet (vergl. § 62 im zweiten Theile dieses Handbuches). Dieselben bestehn aus cylindrischen Stangen, die durch Gewichte, welche in ihr unteres Ende eingelassen sind, sich im stehenden Wasser senkrecht stellen und so tief eintauchen, dafs sie auf den Stellen, wo sie gebraucht werden, den Grund noch nicht berühren. Sie werden also von allen Wasserschichten, die sie durchschneiden, gleichmäfsig afficirt, und nehmen daher die mittlere Geschwindigkeit derselben an. Dieselben bewegten sich allerdings etwas langsamer, als die oben beschriebenen Schwimmer, doch war der Unterschied nie bedeutend und entsprach immer nur demjenigen, den man auch in oberländischen Strömen bemerkt. Entgegengesetzte Strömungen in verschiedenen Wassertiefen kommen daher in Swinemünde nicht vor.

Es mufs noch eines andern Schwimmers erwähnt werden, der die Richtung der Strömung an einer bestimmten Stelle angeben sollte. Derselbe bestand aus einem starken hölzernen Klotze, der in vertikaler Richtung durchbohrt und mit einer hindurchgesteckten Stange versehn war. Eine Leine verband das untere Ende der letzteren mit einem schweren Steine. Dieser wurde auf der westlichen Seite des Kopfes der Westmole versenkt. Er lag so tief, dafs der Klotz stets unter Wasser blieb und nur das obere Ende der Stange daraus hervorragte. Auf beiden Molen waren Marken angebracht, welche die Richtung bezeichneten, in welche diese Stange sich stellte, wenn sie von keiner Strömung getroffen wurde. Je nachdem sie nach der einen oder der andern Seite auswich, konnte man also vom Ufer aus auch die Richtung des Stromes erkennen. Der Versuch sollte dazu dienen, um die Küstenströmung bei den verschiedenen Windesrichtungen zu beobachten, er führte jedoch zu keinem Resultate, weil dieser Schwimmer nebst dem Steine wiederholentlich entwendet wurde.

Es ereignet sich zuweilen, dafs ein Binnensee verschiedene Ausmündungen hat, die zugleich Seehäfen sind. In solchem Falle werden vielfach Anträge gestellt, dafs zur Verbesserung jedes einzelnen dieser Häfen die betreffende Mündung möglichst erweitert und vertieft werde. Indem nun aber bei Anschwellungen der See nur eine bestimmte Wassermenge einströmen und später wieder abfliefsen kann, so folgt hieraus, dafs die Profilvergröfserung der einen Mündung zwar die Durchströmung derselben verstärkt und sonach auch die Offenerhaltung des betreffenden Hafens befördert, dafs aber eben hierdurch die in den andern Mündungen belegenen Häfen beeinträchtigt werden, weil die Durchströmungen derselben sich mäfsigen. Um die hierbei eintretenden Aenderungen sicher beurtheilen zu können, so fragt es sich, in welchem Verhältnisse die aus- und einströmende Wassermenge sich auf die verschiedenen Mündungen vertheilt. Durch directe Messung läfst sich diese Frage nicht leicht beantworten, weil die Windesrichtungen an den verschiedenen Mündungen nicht dieselben zu sein pflegen, und eben so stimmen auch die daneben gemessenen Wasserstände sowol am Binnensee, als am Meere mit einander nicht überein. Dieses zeigt sich sehr deutlich an den verschiedenen Pegeln, die neben dem Frischen Haffe zwischen Stettin und Swinemünde beobachtet werden. Dieselben erheben oder senken sich nämlich niemals gleichmäfsig über den mittleren Wasserstand, oder sinken gleichmäfsig unter denselben herab. Selbst schwache Winde veranlassen sehr wesentliche Abweichungen, und so kann es nicht fehlen, dafs die absoluten Gefälle, die sich in der Divenow, in der Swine und in der Peene darstellen, gewöhnlich ganz verschieden sind. Von diesen hängt aber in hohem Grade die Geschwindigkeit des aus- oder eintretenden Stromes, und sonach auch die Wassermenge ab. Wenn demnach die directen Messungen nicht sehr oft, und zwar unter den verschiedensten Umständen wiederholt sind, um auf diese Weise die mittleren Werthe derselben zu finden, so führen sie zu keinem Resultate, wohl aber findet man die Vertheilung derselben auf die verschiedenen Mündungen durch folgende ziemlich einfache Betrachtung.

Der Strom, der eine dieser Mündungen bildet, hat im Allgemeinen nicht gleiche Breite und nicht gleiche mittlere Tiefe in seiner ganzen Länge, er setzt sich vielmehr aus einzelnen Strecken zusammen, die annähernd gleiche Breite b und gleiche mittlere Tiefe

t haben. Die Länge einer solchen einzelnen Strecke sei l, und M die hindurchfliefsende Wassermenge, die für alle Strecken desselben Stromes gleiche Gröfse hat. Nach den bekannten Formeln über die gleichförmige Bewegung des Wassers in Flufsbetten findet man das absolute Gefälle h dieser einzelnen Strecke (vergl. § 65 im zweiten Theile dieses Handbuches)

$$h = \frac{M^2}{k^2} \cdot \frac{l}{b^2 t^3}$$

wo k ein constanter Factor ist, dessen Werth sich im Allgemeinen ungefähr auf 90 stellt. Hieraus ergiebt sich das ganze absolute Gefälle von dem Binnensee bis zum Meere, oder umgekehrt

$$h + h' + h'' + \ldots = \frac{M^2}{k^2} \left(\frac{l}{b^2 t^3} + \frac{l'}{b'^2 t'^3} + \frac{l''}{b''^2 t''^3} + \ldots \right)$$

wo die folgenden h', b', t', l' und so weiter, sich auf die übrigen Strecken beziehn. Setzt man dieses ganze Gefälle gleich H und der Einfachheit wegen den Ausdruck in der Parenthese gleich N, so hat man

$$H = \frac{M^2}{k^2} N$$

Für den zweiten Ausflufs sei die Wassermenge gleich M', für einen dritten gleich M'', und eben so bezeichne N' und N'' für diese anderen Mündungen die Summe der Glieder in der Parenthese. Das absolute Gefälle H ist aber für die verschiedenen Mündungen jederzeit dasselbe, wenn man von dem Einflusse des Windes absieht, also annimmt, dafs sowol der Binnensee, als das Meer sich horizontal gestellt haben. Auch der constante Factor k hat in allen Ausflüssen denselben Werth. Sonach erhält man

$$M^2 N = M'^2 N' = M''^2 N''$$

oder

$$M : M' : M'' = \frac{1}{\sqrt{N}} : \frac{1}{\sqrt{N'}} : \frac{1}{\sqrt{N''}}$$

Die Werthe von N, N', N'' kann man aber aus den Charten und Tiefenmessungen entnehmen, sie sind also bekannt, und sonach ergiebt sich hieraus das Verhältnifs zwischen den Wassermengen, welche durch die verschiedenen Mündungen ein- oder ausfliefsen.

Man könnte diese Herleitung nicht für zutreffend halten, weil sie für jede einzelne Strecke die gleichförmige Bewegung voraussetzt, während doch die Geschwindigkeiten in denselben verschieden sind, also die Vergröfserung der letzteren, die durch ein

kleineres Profil bedingt wird, einen gewissen Aufstau fordert, der zu jenem ganzen Gefälle noch hinzukommt. Dieser Zusatz verschwindet indessen beinahe ganz, wenn man die Voraussetzung macht, dafs bei späterer Vergröfserung des Profiles die erlangte gröfsere Geschwindigkeit den Abflufs wieder befördert. Aber wenn man von dieser kaum zulässigen Annahme auch nicht ausgeht, so läfst sich dennoch nachweisen, dafs die zur Erzeugung der gröfseren Geschwindigkeit erforderlichen Gefälle vergleichungsweise gegen die bereits in Rechnung gestellten, höchst geringfügig sind.

In einer gewissen Strecke sei die Geschwindigkeit gleich c und in der folgenden vergröfsere sie sich, so dafs sie c' wird. Damit dieses geschieht, mufs ein gewisser Aufstau vor der letzteren eintreten, der gleich

$$\frac{1}{4g}(c'^2 - c^2)$$

ist. Die Geschwindigkeiten kann man aber durch die Wassermenge und die Profile ausdrücken, also ist dieser Stau gleich

$$\frac{M^2}{4g}\left(\frac{1}{b'^2 \cdot t'^2} - \frac{1}{b^2 t^2}\right)$$

Das zweite negative Glied verschwindet gegen den Stau, der erforderlich war, um die Geschwindigkeit c zu erzeugen. Wenn sonach die Profile der einzelnen Strecken nach und nach kleiner, oder die Geschwindigkeiten in denselben immer gröfser werden, so fallen alle übrigen Glieder fort, und es bleibt nur dasjenige, welches sich auf das kleinste Profil bezieht, oder wo bt ein Minimum ist. Kommen später wieder gröfsere Profile vor, die sich in den folgenden Strecken nochmals verkleinern, so treten neue Stauhöhen hinzu, die aus den betreffenden Differenzen sich zusammensetzen. Jedenfalls ist die Anzahl dieser Glieder vergleichungsweise gegen den oben mit N bezeichneten Ausdruck nur eine sehr kleine, und in diesem Ausdrucke giebt es jedesmal ein Glied, welches einen directen Vergleich mit der betreffenden Stauhöhe gestattet. Beispielsweise sei die dritte Strecke diejenige, welche das kleinste Profil hat. Zur Darstellung der nöthigen Geschwindigkeit in derselben würden also vor dieser und den vorhergehenden Strecken Aufstauungen erforderlich sein, die zusammen gleich

$$\frac{M^2}{4g} \cdot \frac{1}{b''^2 t''^2}$$

sind. In dem obigen Ausdrucke für das ganze Gefälle unter alleiniger Berücksichtigung der gleichförmigen Bewegung befindet sich aber ein Glied

$$\frac{M^2}{k^2} \cdot \frac{l''}{b''^2 \cdot t''^3}$$

Dieses verhält sich zu dem so eben berechneten, wie

$$\frac{l''}{k^2 t''} : \frac{1}{4g}$$

oder wie

$$1 : \frac{132 \cdot t''}{l''}$$

Indem nun die mittlere Wassertiefe nur einem überaus kleinen Theile der Länge der ganzen Stromstrecke gleich ist, so verschwindet der zuletzt berechnete Zusatz schon gegen das einzelne in Betracht gezogene Glied, und um so mehr geschieht dieses gegen die Summe aller Glieder. Man kann daher ohne merklichen Fehler die Stauhöhen ganz vernachlässigen, wenn nicht etwa der Abflufs sich aus weiten Seen zusammensetzt, welche durch enge und kurze Oeffnungen mit einander verbunden sind. In solchem Falle würde l sehr klein werden, oder vielleicht auch verschwinden, insofern in der schmalen Strecke die gleichförmige Bewegung gar nicht vorausgesetzt werden darf. Die Glieder von der Form

$$\frac{M^2}{4g} \cdot \frac{1}{b^2 t^2}$$

würden demnach alsdann nicht vernachlässigt werden dürfen.

Treten Verhältnisse dieser Art nicht ein, und ist es zulässig, den oben mit N bezeichneten Ausdruck ohne weiteren Zusatz anzuwenden, so stellt sich noch der grofse Vortheil heraus, dafs die Constante k in dem Resultate verschwindet, es also auf den Werth, der ihr beizulegen, gar nicht ankommt.

Dagegen läfst es sich vielfach ohne Einführung eines bedeutenden Fehlers nicht vermeiden, eine andre Correction anzubringen. Sehr oft befinden sich nämlich in dem Strome, der die Mündung bildet, Inseln, die ihn auf weite Entfernung in zwei Arme spalten. Das absolute Gefälle in beiden Armen ist dasselbe, man hat also, wenn die Bezeichnungen L, B und T für den Nebenarm eingeführt werden,

$$M = k \sqrt{h} \left(\sqrt{\frac{b^2 t^3}{l}} + \sqrt{\frac{B^2 T^3}{L}} \right)$$

und das betreffende Gefälle findet man

$$h = \frac{M^2}{k^2} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{\frac{b^2 t^3}{l}} + \sqrt{\frac{B^2 T^3}{L}}} \right)^2$$

Dieser Ausdruck vereinfacht sich wesentlich, wenn die Länge beider Arme nahe dieselbe ist, also

$$L = l$$

Aufserdem führe man die Bezeichnungen ein

$$B = mb$$

und

$$T = nt$$

Alsdann ist

$$h = \frac{M^2}{k^2} \cdot \frac{l}{b^2 t^3} \left(1 + \sqrt{m^2 n^3}\right)^{-2}$$

und wenn m und n ächte Brüche sind, so kann man mit Vernachlässigung der folgenden Glieder setzen

$$h = \frac{M^2}{k^2} \cdot \frac{l}{b^2 t^3} \left(1 - 2\, mn^{\frac{3}{2}}\right)$$

Dieser Werth ist in den Ausdruck für N einzuführen.

Unter den verschiedenen localen Untersuchungen, welche der Aufstellung eines Hafen-Projectes vorangehn müssen, darf diejenige, welche sich auf den Küstenstrom und auf die Sand- oder Kiesmassen, die derselbe vorbeiführt, die er also gelegentlich auch in der Hafenmündung ablagert, nicht fehlen. Dieser Strom ist indessen, wenn er nicht etwa durch einen starken Fluthwechsel geregelt wird, in hohem Grade von den Witterungs-Verhältnissen und namentlich von dem Winde abhängig. Seine nähere Untersuchung ist demnach überaus schwierig. Die Umstände, welche auf das Vorhandensein einer von Westen nach Osten gerichteten Strömung längs der Preufsischen Küste sehr sicher schliefsen lassen, sind bereits oben (§ 10) erwähnt worden, und zur Bestätigung dieser Annahme mag noch hinzugefügt werden, dafs, als ich einst vor der Mündung des Greifswalder Bodden's mit einem Fahrzeuge vor Anker ging, dasselbe, trotz des sehr merklichen südlichen Windes, dennoch nach Süden aufdrehte. Die Strömung, die also der des Windes ganz entgegen gekehrt war, zeigte sich auch an den vorbeitreibenden Gegenständen sehr deutlich, und hatte etwa die Geschwindigkeit von 9 Zoll in der Secunde. Sie war aber keine andre, als die oben erwähnte Kreisströmung, die längs der Schwedischen Küste von Nor-

den nach Süden gerichtet ist, sich längs den südlichen Ufern der Ostsee hinzieht und bei Pillau und Memel sich wieder nordwärts wendet. Diese Strömung findet jedoch nur bei ziemlich ruhiger Witterung statt, während sie nach vielfachen Erfahrungen schon bei schwachen Gegenwinden wenigstens stellenweise in der Nähe der Küste nicht nur vollständig aufgehoben, sondern in eine entgegengesetzte verwandelt wird. Die Ermittelung ihrer durchschnittlichen Stärke dürfte daher nicht leicht sein, und noch schwieriger ist die Beantwortung der Frage, welche Sandmassen sie mit sich führt und stellenweise ablagert. An der Französischen Seite des Canales hat man dieselbe Frage mehrfach durch Messung der abgelagerten Kiesmassen zu beantworten sich bemüht, und ohne Zweifel war dieses hier auch leichter, als an der Ostsee, weil die Erscheinungen viel regelmäfsiger erfolgen. Man kam zu dem Resultate, dafs im Havre etwa 10000 Cubikmeter oder 2250 Schachtruthen Kies jährlich antreiben, und dafs bei Dieppe die Masse desselben ungefähr das Doppelte, also 4500 Schachtruthen beträgt. Indem nun die kräftigen Dampfbagger, die in den Seehäfen benutzt werden, bis 20000 Schachtruthen, auch wohl noch mehr in einem Jahre fördern, so würden mit Hülfe derselben diese antreibenden Massen leicht zu beseitigen sein, wenn sie an Stellen sich ablagerten, wo der Bagger dauernd und regelmäfsig arbeiten könnte. In und vor den Hafenmündungen, soweit letztere in die offene See treten, ist dieses aber nicht der Fall, und eben deshalb wird es dringend nöthig, die Mündungen und die Fahrwasser vor den Häfen in andrer Weise gegen diese Ablagerungen zu sichern. Nur wenn die Rhede vor dem Hafen gegen die herrschenden Winde durch vortretende Ufer geschützt wird, wie etwa bei Neufahrwasser, darf man von der Baggerung den vollen Erfolg sich versprechen. Wie grofs die Sandmassen sind, welche durch die Küstenströmung vor unsern Häfen vorbeigetrieben werden, ist bisher noch nicht festgestellt, jedenfalls läfst sich die Frage auch nicht allgemein beantworten. Wo ganz ungedeckte Dünen und sandige Ufer, die starkem Abbruche ausgesetzt sind, auf der westlichen Seite eines Hafens liegen, sind die vorbeitreibenden Sandmassen am gröfsten. Man darf aber wohl annehmen, dafs bei der vergleichungsweise viel schwächeren und oft unterbrochenen Küstenströmung vor unsern Ufern auch bedeutend we-

siger Sand und Kies unsern Häfen zugeführt wird, als den Französischen, die am Canale liegen.

Wenn es sich endlich um die Ermittelung der im Wasser schwebenden erdigen Theilchen handelt, welche entweder der aus dem Binnenlande kommende Strom, oder die Fluthwelle herbeiführt, die über ältere Marschen oder über Thonboden getreten ist, so lassen sich die betreffenden Ermittelungen viel sicherer anstellen. Die hierzu dienenden Methoden sind bereits früher (§ 11) ausführlich beschrieben.

§. 38.

Richtung und Weite der Mündung.

Die Richtung und Lage der Hafenmündung ist augenscheinlich so zu wählen, wie sie sowol für die aus- und einlaufenden Schiffe, als auch für die im Hafen liegenden die gröfste Bequemlichkeit bietet. Zunächst mufs dabei die Tiefe berücksichtigt werden, und in dieser Beziehung wird man dem Hafen eine solche Mündung geben, dafs diese sich dem tiefsten Fahrwasser anschliefst, welches nach der offenen See führt. Im Falle aber weder Sandbänke, noch sonstige Untiefen vor dem Hafen liegen, so wird man denselben, soweit nicht andere Rücksichten eine Aenderung nothwendig machen, in der kürzesten und directesten Linie mit der See in Verbindung setzen. Es giebt Häfen, in welchen diese Forderung ganz unbeachtet geblieben zu sein scheint, und in Betreff derer man von Sachverständigen, vorzugsweise aber von Laien vielfache Verbesserungs-Vorschläge hört. Man tadelt es oft als einen argen Mifsgriff, dafs gerade an der Stelle ein Hafen angelegt sei, wo die Sandbänke am weitesten vortreten, während in geringer Entfernung die gröfsere Tiefe dem Ufer viel näher ist. Namentlich habe ich solchen Vorwurf wiederholentlich in Betreff des Swinemünder Hafens gehört, wo die Fünffaden-Linie etwa 800 Ruthen vor dem natürlichen Ufer liegt, während dieselbe anderthalb Meilen weiter ostwärts, bei Misdroy, wo der Vietziger See nebst der an denselben anschliefsenden Niederung sich bis nahe an die See erstreckt, nur etwa 300 Ruthen

von der Küste entfernt ist. Man beachtet dabei indessen nicht, daſs die Sandablagerungen gerade durch die Ausmündung des Hafens und die zur Erhaltung der Tiefe in demselben nothwendige Durchströmung veranlaſst werden. Wo eine solche Durchströmung nicht statt findet, wo also der Sand, den der Küstenstrom herbeiführt, ohne Behinderung weiter getrieben wird, da giebt es auch keine Veranlassung zu seiner Anhäufung. Wohl aber tritt eine solche sogleich ein, sobald ein Hafen mit kräftiger Durchströmung eingerichtet wird. Wollte man aber einen Hafen anlegen, ohne denselben durchströmen zu lassen, so würde seine Mündung bei jedem starken Sturme vollständig verschüttet werden, und über dieselbe fort würde ein trockener Seestrand sich in gleicher Art bilden, wie dieses vor den Ausmündungen der Binnenseen an der Pommerschen Küste sehr häufig geschieht (§ 12). Der erwähnte Vorwurf ist also in diesem Falle ganz ungegründet, und eben so dürfte er auch sonst sich meist nicht rechtfertigen.

Dagegen ist die Richtung des Swinemünder Hafens in andrer Beziehung allerdings in ungewöhnlicher Weise gewählt worden. Dieselbe ist nämlich nicht dem tiefen Wasser zugekehrt, stimmt vielmehr sehr nahe mit derjenigen Richtung überein, in welcher das Ufer sich hinzieht. Die Situationszeichnung Fig. 101 giebt diese auffallende Anordnung noch nicht vollständig zu erkennen, weil das Ufer auf der westlichen Seite eine Curve bildet und in der Entfernung von drei Viertel Meilen gegen den letzten Theil der östlichen Mole nur einen Winkel von 10 Graden macht, und bald dahinter demselben sogar vollständig parallel läuft. Indem der Verkehr von Swinemünde sich vorzugsweise auf die Nordsee-Häfen bezieht, und nur ein kleiner Theil der einlaufenden Schiffe aus Ostsee-Häfen kommt, so veranlaſst die gewählte Richtung der Molen keineswegs einen bedeutenden Umweg, vielmehr stimmt diese Richtung nahe mit derjenigen überein, welche die meisten Schiffe wählen müssen, um an der östlichen Seite von Rügen vorbeizukommen. Auf einen geringen Umweg kommt es in der Seeschiffahrt gewöhnlich auch nicht an, aber der damit verbundene Uebelstand bezieht sich darauf, daſs bei dieser sehr abweichenden Richtung der Hafenmündung derselbe Wind, der die Schiffe bis vor den Hafen bringt, zum Einsegeln in den letzteren oft nicht passend ist. Auch beim Aussegeln wiederholt sich dasselbe nachtheilige Verhältniſs. Durch Benutzung

en Dampfböten zum Aus- und Einbringen der Schiffe kann man ...ilich in den meisten Fällen leicht Hülfe schaffen, aber dieses ...ittel ist immer mit bedeutenden Kosten verbunden, welche den ...erkehr drücken und beeinträchtigen. Für die grofse Mehrzahl der ...chiffe, die aus dem Sunde kommen, oder dahin segeln, ist die ge...ählte Richtung weniger nachtheilig, mehr aber für diejenigen, ...elche nach den ostwärts belegenen Preufsischen oder Russischen ...äfen bestimmt sind. In Betreff der Erleichterung der Schiffahrt ...äre es daher im Allgemeinen vortheilhafter gewesen, wenn der ...afen mehr in nördlicher Richtung seine Mündung erhalten hätte. ...ierzu kommt aber noch eine andre, sehr nachtheilige Folge, die ...ereits zu vielfachen Bedenken Veranlassung gegeben hat. Sollte ...s nämlich einst sich als nothwendig herausstellen, die Hafendämme ...u verlängern, um über diejenigen Untiefen die Schiffe fortzubrin...en, die vielleicht vor der Mündung sich später ablagern, so würde ...an nach den bei uns geltenden Ansichten nicht wissen, wie man ...e Molen weiter führen soll. Wollte man dieselbe Krümmung fort...tzen, die sie bereits haben, so würde die Hafenmündung sich der ...üste zukehren, also gar nicht das offene Meer erreichen. Eine ...enderung der bereits eingeführten Krümmung ist dagegen in der ...ähe der Mündung des Hafens immer sehr gefährlich. Im Folgen...en (§ 40) wird hiervon ausführlicher die Rede sein.

Derselbe Uebelstand, dafs nämlich die ankommenden Schiffe ...i demjenigen Winde, der sie bis vor den Hafen bringt, in den ...tzteren nicht einlaufen können, war für Marseille noch nachtheili...er, insofern der dortige Verkehr grofsentheils nach dem Orient ge...chtet ist. Die Schiffe segelten also bei östlichen Winden an. An...erthalb Deutsche Meilen südwärts von Marseille, dem Leuchtthurme ...lanier gegenüber, eröffnet sich aber die grofse Bucht, in der Mar...eille liegt. Sobald also die Schiffe das Cap Croisette nebst den ...avor liegenden Inseln passirt hatten, mufsten sie nordwärts steuern, ...nd wenn sie auf diesem Wege das Cap Pharo erreichten, so wa...en sie gezwungen, in südöstlicher Richtung in das alte Hafen-Bas...n einzulaufen. Diese Verlegenheiten, die hier nicht durch künst...che Anlagen, sondern durch die natürlichen Verhältnisse veran...fst waren, erwiesen sich als überaus störend, und zwar um so ...ehr, als auf dem felsigen Boden und zwischen den vielfach dar...s vortretenden Klippen das Ankern nicht gefahrlos war. Man

hatte sich dadurch geholfen, dafs dem Cap Pharo gegenüber mehrere grofse Buoyen ausgebracht waren, an welche die ankommenden Schiffe gelegt wurden, um hier den zum Einsegeln günstigen Wind abzuwarten, oder um in den Hafen bugsirt zu werden. Durch die neue grofsartige Hafen-Anlage auf der Westseite der Stadt, ist dieser Uebelstand bereits in hohem Maafse vermindert. Die Schiffe können, indem sie von Süden ankommen, und das Cap Pharo passirt haben, in nordöstlicher Richtung den Vorhafen vor dem Bassin la Joliette erreichen, und wenn der Wellenbrecher zur Ausführung kommt, für den sich im Anfange des Jahres 1862 die Handelskammer in Marseille sehr bestimmt ausgesprochen hat, so wird das Einlaufen der Schiffe noch mehr erleichtert werden.

Die erwähnten Umstände sind keineswegs die einzigen, welche man bei der Anordnung der Hafenmündung zu berücksichtigen hat. Auch die Richtung des herrschenden Windes, so wie die der heftigsten Stürme verdient volle Beachtung. Im Allgemeinen kommt es aber weit mehr darauf an, dafs die Schiffe ohne Gefahr und sicher einlaufen, als dafs sie jeder Zeit in gleicher Weise ausgehn können. Wenn das Schiff bei starkem Sturme vor den Hafen, den es ansegeln soll, ankommt, und noch mehr, wenn es wegen erlittener Havarien denselben aufsuchen mufs, so kann es nicht leicht auf einer ungeschützten Rhede warten, bis der Wind diejenige Richtung annimmt, wobei das Einsegeln erfolgen kann. Die Benutzung von Dampfböten zum Bugsiren ist bei hohem Seegange auch nicht möglich. Der Hafen mufs daher so angeordnet sein, dafs bei den herrschenden Winden und namentlich bei den stärksten Stürmen die Schiffe sicher einlaufen können. Ganz anders verhält es sich mit dem Ausgehn der Schiffe. Wenn in neuerer Zeit auch der Abgang von Dampfböten gewöhnlich auf bestimmte Stunden festgesetzt ist, und ohne besonders dringende Veranlassung eine Verzögerung nicht eintreten darf, so wird man die Schiffe doch nicht der Gefahr aussetzen, auf den Hafendämmen oder den Untiefen oder Klippen vor dem Hafen zu stranden. Sie werden daher wenigstens so lange zurückgehalten, bis das heftigste Wüthen des Sturmes etwas nachläfst. Aufserdem aber ist das Ausgehn eines Dampfbootes auch weniger bedenklich, als das eines Segelschiffes, weil jenes ohnerachtet der Einwirkung, die der Sturm darauf gleichfalls hat, dennoch durch die Maschine getrieben wird, und

so lange diese es bewegt, so folgt es auch dem Steuer, also in gewissem Maafse bleibt immer Gelegenheit geboten, es in dem Fahrwasser zu erhalten. Bei Segelschiffen dagegen würde das Auslaufen während eines heftigen Sturmes, der gerade den Hafen und sonach auch das Ufer trifft, schon deshalb ganz zwecklos sein, weil das Schiff, wenn es auch draufsen wäre, doch nicht in der Nähe des Ufers auflaviren und seine Fahrt fortsetzen könnte. Ein solches bleibt also jedesmal im Hafen, bis der Wind sich dreht und den Beginn seiner Fahrt gestattet. Wenn hiernach die Bequemlichkeit des Ausbringens der Schiffe aus einem Hafen auch keineswegs ganz unberücksichtigt bleiben darf, so ist diese vergleichungsweise gegen das Einkommen derselben doch nur von untergeordneter Bedeutung.

Die herrschenden Winde, also diejenigen, die am häufigsten eintreten, und den gröfsten Theil des Jahres hindurch vorkommen, sind auf der nördlichen Hemisphäre und namentlich in den Europäischen Seehäfen die westlichen. Auch die stärksten Stürme haben bei uns im Allgemeinen dieselbe Richtung, aber die localen Verhältnisse veranlassen oft sehr auffallende Abweichungen. Der Sturm, der über Landflächen streicht, schwächt sich in hohem Grade, während er seine volle Stärke behält, wenn er von der Seeseite ein Ufer trifft. Sonach hat in jedem Seehafen der heftigste Sturm diejenige Richtung, welche der gröfsten Ausdehnung der davor liegenden Wasserfläche entspricht. So sind auf der Südseite der Provinz Bretagne bei Lorient die südwestlichen Stürme die heftigsten, weil dieselben von der nördlichen Küste Süd-Amerika's her über den Atlantischen Ocean streichen. Bei St. Jean-de-Luz dagegen, an der Bai von Biscaja ohnfern der Spanischen Grenze, ist der Nordwest-Sturm der verheerendste, weil hier der Ocean in der Richtung nach Grönland die gröfste Ausdehnung hat. Dafs auch in der Ostsee dieselbe Verschiedenheit sich zu erkennen giebt, ist schon früher (§ 5) erwähnt worden. Bei Memel und Pillau sind die Weststürme die stärksten, bei Swinemünde dagegen die nordöstlichen, die vom Finnischen Meerbusen her über das Wasser streichen.

Die Hafenmündung mufs so gerichtet sein, dafs bei den herrschenden Winden die Schiffe einsegeln können, besonders mufs dieses aber bei den stärksten Stürmen möglich sein. Die letzte Bedingung läfst sich insofern gewöhnlich erfüllen, als die Hafenmün-

dung mehr oder weniger der normalen Richtung gegen das Ufer sich zu nähern pflegt, also derjenige Wind, der von der offenen See kommt, dieselbe trifft. Swinemünde macht freilich hiervon eine Ausnahme, aber dafür tritt auch der Vortheil ein, dafs bei den heftigsten Stürmen die Wellen nicht direct einlaufen, und dafs sonach die Schiffe, sobald sie den Kopf der östlichen Mole passirt haben, sich schon in ziemlich ruhigem Wasser befinden.

Zuweilen bilden sich vor den Hafenmündungen heftige Strömungen, die namentlich bei starkem Fluthwechsel die Geschwindigkeit von einer Deutschen Meile und wohl noch mehr in einer Stunde annehmen. Diese Geschwindigkeit ist zuweilen für die Schiffahrt sehr störend, und verhindert oft das Einsegeln vor dem Eintritt des Hochwassers, wenn die im Vorhafen vorhandene Tiefe dieses auch schon gestatten möchte. Beim Hochwasser mäfsigt sich die Strömung und hört gemeinhin ganz auf, bevor sie die entgegengesetzte Richtung annimmt. Sie ist aber insofern nachtheilig, als sie theils das Schiff soweit versetzt, dafs es vielleicht bei mäfsigem Winde gar nicht einkommen kann, theils aber veranlafst sie auch beim Einsegeln in den Hafen an der Stelle, wo sie aufhört, ein starkes Drehen des Schiffes, indem dieses in seinem hintern Theile von ihr noch getroffen wird, während der Bug ihrer Einwirkung bereits entzogen ist. In welcher Weise das Schiff gesteuert werden mufs, damit es von dem Strome nicht versetzt, vielmehr in der passendsten Richtung in den Hafen geführt wird, ist schon früher (§ 32) mitgetheilt worden.

Diese Strömung erschwert zuweilen das Einlaufen der Schiffe ungemein, und namentlich geschieht dieses, wenn Sand- und Kiesbänke auf einer oder der andern Seite vortreten, und die gerade Richtung des Fahrwassers unterbrechen, also umfahren werden müssen. Es ist auch sonst zuweilen nicht möglich, das Schiff allein mit Hülfe der Segel bis in den Hafen zu bringen, und wenn man alsdann nicht ankern will, so läfst man das Schiff in den Wind auflaufen, damit es noch demjenigen Hafenkopfe sich nähert, der auf der Windseite liegt. Auf diesem mufs Alles vorbereitet sein, um von hier aus sogleich ein Tau entgegen werfen zu können, an welchem das Schiff aufgewunden, oder wenn es nur klein ist, eingeschleppt wird. In manchen Französischen Häfen am Canale geschieht dieses sehr häufig, und besondere Leute versehen diese

Hülfsleistung mit grofser Geschicklichkeit und Sachkenntnifs, so dafs das Schiff sicher und schnell eingebracht wird. In diesem Falle ist es aber nothwendig, dafs das Schiff dem Hafenkopfe bis auf wenige Fufse sich nähern kann, und dafs man auch im Stande ist, den Hafendamm selbst beim Sturme seiner ganzen Länge nach zu begehen. In Swinemünde wie in manchen andern unserer Häfen ist solche Hülfsleistung nicht ausführbar, weil eines Theils die Steinschüttungen zu weit vortreten, und andrerseits die Dämme auch so niedrig und so wenig geschützt sind, dafs bei Stürmen ein Betreten derselben höchst gefährlich und zuweilen ganz unmöglich ist.

Sowol das Einsegeln, als das Ausgehn der Schiffe wird wesentlich erleichtert, wenn der Hafen mit zwei Mündungen versehn ist, oder wenn ein isolirter Damm denselben gegen die See begrenzt, und auf beiden Seiten von diesem sich Zugänge befinden. Wenn der Wind oder die Strömung die Benutzung des einen verhindert, so ist die des andern gewöhnlich nicht nur möglich, sondern sogar ziemlich bequem. Nichts desto weniger ist eine solche Anordnung, obwohl sie vielfach empfohlen wird, doch vor solchen Ufern bedenklich, wo grofse Sand- und Kiesmassen vorbeitreiben, oder wo in andrer Art Verflachungen sich leicht bilden. Die Erfahrung hat bei Cette auch bereits gezeigt, dafs eine dieser Mündungen in kurzer Zeit ihre frühere Tiefe verlor (§ 34). Hierzu kommt aber noch, dafs durch die beiden nach verschiedenen Richtungen eröffneten Mündungen die Wellen häufiger in den Hafen treten und die darin befindlichen Schiffe beunruhigen, als wenn nur ein Zugang vorhanden wäre.

Für das Ein- und Aussegeln der Schiffe erreicht man beinahe dieselben Vortheile, wenn der Vorhafen in ein recht weites Bassin verwandelt wird, die beiderseitigen Hafendämme aber an ihren Enden gegen einander treten und die Mündung stark verengen, um das Einlaufen der Wellen möglichst zu beschränken. Es bildet sich dadurch eine Gestaltung des Hafens ähnlich derjenigen, die bei Kingstown gewählt ist (Fig. 102), und man bemerkt, wie die Schiffe hier in sehr verschiedenen Richtungen, also auch bei den verschiedensten Winden ein- und ausgehn können, ohne dafs sie der Gefahr ausgesetzt sind, die vortretenden Hafenköpfe zu berühren.

Die vorstehenden Erörterungen bezogen sich auf das Ein- und

Aussegeln der Schiffe. bei der Anordnung der Hafenmündung muſs indessen auch darauf Rücksicht genommen werden, daſs der Wellenschlag der See sich nicht mit Heftigkeit in den Hafen fortsetzt. Welche Mittel man anwenden kann, um die eintretenden Wellen zu mäſsigen, ist bereits mitgetheilt worden (§ 33), es leidet indessen keinen Zweifel, daſs durch die angemessene Wahl der Richtung der Mündung diese Bewegung gleichfalls wesentlich geschwächt werden kann. Besonders wenn die Hafendämme parallel geführt sind, und an ihren äuſsern Enden sich nicht einander nähern, so pflegen die in der Richtung derselben anlaufenden Wellen sich ungeschwächt durch den ganzen Hafen fortzusetzen. Stimmt diese Richtung dabei noch mit der der stärksten Stürme überein, so sind die im Hafen liegenden Schiffe einem überaus heftigen Wellenschlage und sonach einer groſsen Gefahr ausgesetzt. In dieser Beziehung ist die Mündung des Swinemünder Hafens sehr zweckmäſsig angeordnet. Ihre Richtung trifft schon in der Entfernung von wenig Meilen das Ufer der Insel Usedom. Sehr heftige Wellen treten also niemals gerade in den Hafen. Die stärksten Stürme sind hier die nordöstlichen, und bei solchen schlagen zwar die Wellen über die Ost-Mole, auch bilden sich durch die Uebertragung der Bewegung neue Wellen, die in den Hafen einlaufen, aber dennoch haben diese nicht entfernt die Stärke, welche sie bei einer nordöstlichen Mündung haben würden, und so geschieht es, daſs zwischen den Molen die Bewegung immer ziemlich mäſsig bleibt. In dem Binnenhafen, wo die Schiffe anlegen oder ankern, wird der Wellenschlag aber niemals bedeutend oder gefährlich.

Bei Häfen, die an Küstenstrecken liegen, wo groſse Sand- und Kiesmassen vorbeitreiben, pflegt man ferner darauf Rücksicht zu nehmen, daſs die Hafenmündung nicht gerade so gerichtet ist, daſs sie dieselben besonders leicht auffängt. Es ist freilich nicht in Abrede zu stellen, daſs dieser Gegenstand eine sehr verschiedenartige Auffassung zuläſst, und daſs es daher schwierig ist, mit Sicherheit darüber zu entscheiden, nichts desto weniger kann man bei Betrachtung mancher Hafenmündungen die Ueberzeugung nicht unterdrücken, daſs wenn es Aufgabe gewesen wäre, den Hafen nebst seiner Mündung recht schnell zur Verlandung zu bringen, die Anordnung nicht zweckmäſsiger hätte gewählt werden können, als sie wirklich gewählt ist. In Betreff des Hafens bei Ramsgate

ist diese Ansicht von dem Englischen Ingenieur Rendel ausgesprochen worden. Die Küstenströmung hat hier beim Uebergange über die Fläche Goodwin-Sand und über die andern vor das Ufer weit vortretenden Bänke eine grofse Masse erdiger Theilchen aufgenommen, und indem sie die Hafenmündung passirt, tritt ihr auf der nördlichen Seite derselben der später hier vorgebaute schräge Flügel entgegen. Letzterer kann ohne Zweifel nicht anders wirken, als eine inclinante Buhne an einem Flufsufer. Die in diesem Hafen fortwährend nothwendigen, sehr ausgedehnten Baggerungen scheinen auch zu bestätigen, dafs dergleichen Wirkungen hier in der That eintreten. Nach den darüber angestellten verschiedenen Untersuchungen*) müssen in jedem Jahre 200000 bis gegen 300000 Tons, also ungefähr 20000 bis 30000 Schachtruthen gebaggert werden. Indem nun der Vorhafen 34 Acres oder 9700 Quadratruthen enthält, so ergiebt sich, dafs derselbe jährlich im Durchschnitte um 2 bis 3 Fufs sich verflacht, was allerdings ungewöhnlich stark ist. Auch in andern Ländern und namentlich in Deutschland findet man Häfen, deren Mündungen nach dieser Auffassung eben so nachtheilig gerichtet sind.

Obwohl der Hafen von Ramsgate keineswegs als Muster gelten kann, so ist er doch in vielfacher Beziehung sehr wichtig und zugleich eines der ersten Beispiele einer grofsartigen Anlage, wobei weder eine natürliche Bucht, noch die weite Mündung eines Flusses, die schon früher als Nothhafen diente, durch künstliche Mittel gesichert und dadurch für die Bequemlichkeit der Schiffahrt gesorgt wurde, vielmehr ist hier vor einem ziemlich geraden Ufer an der offenen See der Hafen dadurch geschaffen, dafs man durch weit vorgeschobene Hafendämme ein geräumiges Bassin bildete. Es dürfte sich daher empfehlen, eine kurze Beschreibung dieses Hafens hier einzuschalten. Fig. 116 zeigt die Situation desselben in seinem gegenwärtigen Zustande.

Schon in der füheren Zeit unter Eduard VI und unter der Königin Elisabeth war von der Anlage eines Hafens an dieser Stelle die Rede, um vor der Mündung der Themse den Schiffen einigen Schutz zu gewähren. Mehrfache Projecte wurden aufgestellt. 1713

*) Nach dem vom Capitain Vetch im Jahre 1853 dem Parlamente erstatteten Berichte.

erbaute man einen einzelnen Hafendamm oder Pier, der längere Zeit bestand, und hinter dem bei dem heftigen Sturme 1748 einige Schiffe Schutz fanden. Vorzugsweise wurde aber auf die Erfahrung grofses Gewicht gelegt, dafs derselbe keine bedeutende Verlandung neben sich veranlafst hatte. Hieraus folgerte man, dafs auch in einem abgeschlossenen Hafen in dieser Gegend die Tiefe sich werde erhalten lassen.

1749 wurde endlich auf das Gutachten von Sachverständigen der Bau des Hafens beschlossen, und zwar entschied man sich für diejenige Lage und Richtung der Hafendämme, welche diese auch wirklich erhalten haben. Dieselben sind wieder in sofern sehr wichtig, als sie sich steil aus dem Grunde ohne flache seeseitige Böschung erheben. Der Zimmermeister King, der die Pfeiler der alten Westminster-Brücke in London in Caissons erbaut hatte, unternahm es, dieselbe Construction auch bei diesen Hafendämmen anzuwenden, und wenn in neuerer Zeit sich allerdings vielfache Beschädigungen daran zu erkennen gegeben haben, die sogar ein theilweises Unterfahren nothwendig machten, so haben die Dämme sich doch bisher erhalten und, soviel bekannt, glaubt man gegenwärtig die Gefahr beseitigt. Der Fluthwechsel beträgt zur Zeit der Springfluthen 16 bis 18 Fufs, und in todten Fluthen 12 Fufs. Die Dämme erheben sich $8\frac{1}{2}$ Fufs über das höchste Wasser und sind durchschnittlich 24 Fufs hoch, sie treten also bei Springfluthen vollständig über das Niedrigwasser heraus, nur an den Köpfen liegt der Grund tiefer. Die Dämme sind in der Basis etwa 36 Fufs breit und steigen 6 Fufs senkrecht an. Von hier ab sind sie sowol auf der Binnen- als auf der Aufsenseite mit der geringen Böschung von $4\frac{1}{2} : 1$ eingezogen und haben in ihrer Krone, die einen bequemen Weg bildet, die Breite von 23 bis 24 Fufs. Auf ihrer äufsern Seite steht eine starke Brustmauer.

1773 war der Hafen in dieser Weise vollendet, und es stellte sich damals sehr deutlich heraus, dafs die Verflachung in diesem Bassin übermäfsig stark ist. Smeaton schlug daher vor, letzteres durch einen Zwischendamm in der Art zu theilen, dafs nur der vordere Theil das offene Bassin oder der Vorhafen bliebe, der hintere dagegen Flotthafen und zugleich Spülbassin würde. Diese eigenthümliche und gewifs nicht zu empfehlende Anordnung wurde gewählt und ist auch seitdem beibehalten.

Indem bei östlichen Winden eine sehr starke Bewegung im Ha-
n eintrat, so wurde 1787, also kurze Zeit vorher, ehe Smeaton
it der dauernden Leitung dieser Bauten beauftragt war, die Aus-
hrung des schrägen Flügels beschlossen, der sich vom Kopfe des
tlichen Hafendammes aus bis vor den westlichen hinzieht. 1791
ar dieser Bau beendigt, wobei schon die Taucherglocke angewen-
t wurde. Gleichzeitig kam das Trockendock im Flotthafen zur
usführung. Im Jahre 1806 wurde die zweite Dockschleuse, näm-
h die westliche, die eine gröfsere Weite, als die erste erhalten
ıt, dem Verkehr übergeben. Das Patent-Slip auf der östlichen
eite des Vorhafens ist 1838 erbaut.

Die vorstehenden historischen Notizen umfassen nur die wich-
gsten Anlagen und es sind dabei die verschiedenen Erneuerungen
ıd Verbesserungen derselben unerwähnt geblieben. Ueber den
egenwärtigen Zustand des Hafens wäre Folgendes zu be-
erken.

Die Hafenmündung ist 200 Fufs Englisch oder 194 Rheinlän-
sche Fufs weit. Bevor der schräge Flügel an den Kopf des öst-
hen Dammes angebaut wurde, hatte sie die Weite von 300 Fufs.
ieser Flügel ist es, dem man zum Theil die starke Verschlam-
ung des Hafens zuschreibt, und derselbe trägt auch wahrscheinlich
zweifacher Beziehung hierzu bei. Die erste Fluth, die den Hafen
ifft, kommt nämlich aus dem Canale, und dieser tritt der Flügel
s eine inclinante Buhne entgegen. Aber gerade die erste Fluth
t in Betreff der Verflachungen, und namentlich durch das grö-
ere Material am nachtheiligsten, weil die ausgedehnten davor lie-
enden Bänke alsdann noch den niedrigsten Wasserstand über sich
ıben, und sonach am stärksten von den Wellen angegriffen wer-
en. Aufserdem befördert dieser Flügel auch insofern die Verlan-
ıng im Vorhafen, als er den Wellenschlag darin mäfsigt.

Auf dem Kopfe dieses Flügels bei *A* befindet sich ein sehr
äftiges Gangspill, mit dem sowol den ein- als auskommenden
hiffen Hülfe geleistet werden kann. Auf dem Kopfe des west-
hen Hafendammes steht ein Leuchtthurm *B*. An den innern Sei-
n beider Hafendämme sind 5 Treppen *C* angebracht, die sich je-
esmal in etwas zurückspringenden Mauernischen befinden, also von
n Schiffen nicht leicht berührt werden können. *D* ist das erwähnte
atent-Slip, das gleichfalls im Vorhafen angelegt ist.

Der Flotthafen, der zugleich als Spülbassin dient, ist durch einen Querdamm vom Vorhafen getrennt. In diesem Damme befinden sich zwei Dockschleusen, deren jede nur ein Paar Stemmthore hat, die nach innen aufschlagen, also den Wasserstand der Fluth im Flotthafen zurückhalten. Die westliche Schleuse *E* ist 40 Fufs, die östliche dagegen nur 30 Fufs Englisch weit. Ueber beide führen Drehbrücken. Bei *G* endlich befindet sich das Trockendock, welches durch einen verschliefsbaren Canal unter dem Querdamme mit dem Vorhafen in Verbindung steht, durch welchen es zur Zeit des Niedrigwassers vollständig oder doch grofsentheils trocken gelegt werden kann.

Was die Anstalten zur Beseitigung der Verflachungen im Vorhafen betrifft, so müssen zunächst die Spülschleusen erwähnt werden. Es sind deren acht Stück vorhanden, die zusammen die lichte Weite von 92 Fufs Engl. haben. Zwei derselben befinden sich dicht neben einander auf der östlichen Seite des Querdammes bei *H*, alsdann folgt eine einzelne bei *I*, zwischen den beiden Dockschleusen liegen zwei solche bei *K* und *L*, eine einfache wieder bei *M* und endlich am westlichen Ende des Querdammes bei *N*. Die Einrichtung dieser Spülschleusen ist nicht die gewöhnliche, wobei die Oeffnung plötzlich frei gestellt wird. Sie werden vielmehr durch Schütze geschlossen. Eine andre Anordnung liefs sich hier nicht treffen, weil man dafür sorgen mufste, die Oeffnungen schliefsen zu können, während noch eine sehr heftige Strömung hindurchgeht. Dieses war aber nothwendig, insofern das Spülbassin zugleich Flotthafen ist, und sonach der Wasserstand in demselben nur so tief gesenkt werden darf, dafs die darin liegenden Schiffe den Grund nicht berühren. Es ist augenscheinlich, dafs hierdurch die Wirkung der Spülung aufserordentlich geschwächt wird. Ueberdiefs tritt durch die Verbindung der beiden Zwecke des hinteren Bassins noch der wesentliche Nachtheil ein, dafs der Wasserverlust beim Spülen in der nächsten Fluth wieder ersetzt werden mufs, dafs also grofse Quantitäten trüben Wassers in den Flotthafen geführt werden, welche auch hier eine rasche Erhöhung des Bodens veranlassen, die nur durch häufiges Baggern beseitigt werden kann.

Die Wirkung der Spülung erwies sich in der That sehr bald als ungenügend, und man bemühte sich daher, nur einzelne Stellen des Vorhafens, also einzelne Fahrwasser in demselben offen zu er-

halten. Zu diesem Zwecke sind neben den wichtigsten Spülschleusen Leitdämme hinausgeführt, welche die Figur nachweist, doch auch sie haben keineswegs die Absicht vollständig erfüllt. Man mufste also noch eine kräftige Baggerung einführen. Schon sehr frühe wurde ein Dampfbagger hier in Thätigkeit gesetzt, und später ist noch ein zweiter besonders wirksamer hinzugekommen, aber sowol durch diese Räumung, als auch durch das erwähnte Spülen hat man nur ein weites mittleres Fahrwasser, das zu den Dockschleusen führt, und zwei solche zur Seite der beiden Hafendämme offen erhalten können. Bei dem gewöhnlichen Niedrigwasser verwandelt sich der Vorhafen in einen Sumpf, aus welchem die mit punktirten Linien eingeschlossenen, zum Theil recht hohen Bänke hervortreten.

Schliefslich mag erwähnt werden, dafs zur Zeit des niedrigsten Wassers in der Hafenmündung der Wasserstand 9 Fufs, und über den Schlagschwellen der beiden Schleusen 2 Fufs beträgt.

Bei den Hafenmündungen im Allgemeinen kommt die Weite derselben in hohem Grade in Betracht, und man ist immer bemüht, diese auf das geringste zulässige Maafs zu reduciren, damit die Wellenbewegung nicht zu stark wird. Sie mufs indessen für das bequeme Aus- und Einlaufen der Schiffe genügen. Aufserdem ist vielleicht zuweilen dabei auch die Vorfluth zu berücksichtigen, wenn gröfsere Ströme durch den Hafen ausmünden, wie dieses zum Beispiel bei Swinemünde geschieht.

Das geringste Maafs der Breite, welches die Schiffahrt fordert, läfst sich nicht allgemein bezeichnen, es ist vielmehr zum Theil durch die Gröfse der Schiffe, noch mehr aber durch die Lage des Hafens bedingt. Wo die Wasserfläche vor einem Hafen sich stets in Ruhe befindet, wo sie also weder durch Wellenschlag, noch auch durch Strömung in Bewegung gesetzt wird, da ist es leicht, die Schiffe durch Oeffnungen hindurchzuführen, die nur wenig breiter als sie selbst sind, wie dieses bei Schiffsschleusen immer geschieht. Wenn aber im Gegentheile heftiger Seegang davor statt findet, oder ein starker Strom vorbeizieht, so dafs die Schiffe nicht genau in die Richtung der Mündung gebracht werden können, oder vielleicht schräge einsegeln und doch soweit von den Hafenköpfen entfernt bleiben müssen, dafs sie bei den unvermeidlichen Seitenbewegungen nicht auf dieselben getrieben werden, so ist eine viel gröfsere Breite dringend geboten.

Es dürfte wenig Häfen geben, deren Mündung so weit ist, wie die des Swinemünder Hafens. An der Stelle, wo die westliche Mole aufhört, ist diese, in der Wasserfläche gemessen, 1060 Fufs von der östlichen Mole entfernt. Das Fahrwasser, welches von 18 Fufs tief gehenden Schiffen benutzt werden kann, hat jedoch nur den dritten Theil dieser Breite. Es ergiebt sich aus der Geschichte dieses Baues, dafs man schon vor dem Beginne desselben besorgt war, der Abflufs des Wassers möchte durch zu grofse Verengung der Mündung behindert werden, und dieser Umstand gab wohl Veranlassung, dafs man die bezeichnete Breite wählte oder vielmehr beibehielt. Hierdurch ist dieser Hafen dem Schicksale der in Hinter-Pommern belegenen entgangen, welches auch der von Neufahrwasser theilt, die sämmtlich mit langen schmalen Hälsen versehn sind. Bei ihm ist also die Gelegenheit geboten, dafs er in seinem äufsern Theile in einen Bassin-Hafen verwandelt werden kann, wenn einst die westliche Mole eben so weit, wie die östliche verlängert, und hier mit einem Flügel versehn wird, der die Mündung bis auf das kleinste zulässige Maafs verengt.

Der Hafen von Colbergermünde hat in seiner Mündung die Weite von 100 Fufs, doch nähern sich die beiderseitigen Molen in geringer Entfernung bis auf 80 Fufs. Auch der Hafen bei Rügenwaldermünde erweitert sich etwas an der Seeseite, indem er hier 84 Fufs, weiter rückwärts aber nur 70 Fufs breit ist. Noch mehr findet dieses bei Stolpmünde (Fig. 117) statt, wo die Mündung 108 Fufs, weiter rückwärts der Hafen aber nur 72 Fufs breit ist. Auch dem Hafen von Neufahrwasser hat man bei seiner letzten Verlängerung eine Mündung von 300 Fufs Breite gegeben, während derselbe durchschnittlich noch nicht die Hälfte dieser Breite hat.

Die sehr geringe Breite der drei Häfen in Hinter-Pommern ist unbedingt nicht genügend, und dieses um so weniger, als alle drei am offenen Meere liegen. Es gehört auch keineswegs zu den Seltenheiten, dafs Schiffe beim Einsegeln auf die Molen geworfen werden. Um dieses möglichst zu verhindern, sind die letzteren mit sogenannten Gordungswänden umgeben, das heifst mit verholmten Pfahlreihen, die sich vor dem Fufse der Steindossirungen hinziehn. Diese werden daher getroffen und oft auch sogleich abgebrochen, sobald die Schiffe zu weit rechts oder links treiben. In Fig. 117

sind diese Gordungswände durch die stark punktirten Linien bezeichnet.

Der eigentliche Hafen von Pillau, der, wie erwähnt, nicht unmittelbar an der offenen See, vielmehr an der breiten Verbindung zwischen See und Haff liegt, ist in seiner Mündung nur 144 Fufs weit, und etwa 15 Ruthen rückwärts mifst seine Weite sogar nur 120 Fufs. Das Einsegeln in diesen Hafen ist insofern unbequem, als die Schiffe, die von der See aufkommen, vor demselben eine ziemlich scharfe Wendung machen und sogar gewöhnlich die nicht unbedeutende Strömung durchschneiden müssen, die sich unmittelbar vor ihm concentrirt. Als der östliche Hafendamm in dieser Weise so eben verlängert war, geschah es freilich, dafs ein grofses Schiff dagegen getrieben wurde und eine leichte Havarie erlitt. Dieses war indessen allein die Folge der Unaufmerksamkeit des Lootsen, und später ist es stets gelungen, die Schiffe unbeschädigt hineinzubringen, indem sie von dem nördlichen Ufer des Tiefes etwas entfernt gehalten und so gewendet wurden, dafs sie ohne weitere Aenderung des Curses in den Hafen einfahren konnten.

Es mögen hier noch die Weiten der Mündungen einiger auswärtigen Häfen mitgetheilt werden, deren Maafse freilich zum Theil weniger sicher sind, insofern die Angaben darüber in den verschiedenen Schriften keineswegs genau übereinstimmen.

Die am Canale zwischen Frankreich und England, und zwar an der Südseite belegenen Häfen stimmen mit den Ostsee-Häfen in sofern überein, als sie bei der starken Verflachung ihrer Mündungen nach und nach weiter hinausgeführt und daher mit langen und parallelen Hafendämmen versehen sind. Man hat diese auch zuweilen bei den späteren Verlängerungen wieder etwas von einander entfernt, um das Einströmen der Fluth zu erleichtern, [illegible] gerade diese Anordnung den [illegible] im Hafen wesentlich verstärkt. Der [illegible] Fuss.

Der Hafen von [illegible] ist [illegible] Fuss, derjenige von [illegible] der Kriegshafen ist [illegible] Fuss weit. Bei Calais lassen die Hafendämme einen freien Raum von [illegible] Fuss zwischen sich, die entfernen sich aber an ihrer Mündung auf [illegible] Fuss. Der Hafen von Boulogne ist [illegible] Fuss weit, derjenige von [illegible] Fuss, der von [illegible] und von [illegible] im Innern 145 Fuss und an der Mündung [illegible] Fuss.

Der Eingang in den Hafen vom Havre, der nicht am offenen Meere liegt, ist 210 Fuſs weit, derjenige von Lorient nur 190 Fuſs. Der Hafen von Cette hat, wie bereits erwähnt, zwei Eingänge. Die Breite des östlichen miſst 640, und die des westlichen 960 Fuſs. Die Mündung des Hafens von Agde beträgt 320 Fuſs, die des alten Hafens von Marseille 260 und die des Hafens la Ciotat 287 Fuſs.

Was die Englischen Häfen betrifft, so mag noch angeführt werden, daſs derjenige bei Dover eine Mündung von 165 Fuſs, bei Ramsgate von 194 Fuſs, bei Great-Grimsby von 445 Fuſs, bei Sunderland von 330 Fuſs, bei Leith von 240, bei Howht von 320 und bei Kingstown von 680 Fuſs hat. Die sehr groſse Breite der Mündung des letzten Hafens war dadurch geboten, daſs die im Irischen Canale segelnden Schiffe zur Zeit heftiger Stürme hier Schutz finden sollten. Sie segeln den Hafen alsdann aber von der Ostseite an, und passiren die Mündung in sehr schräger Richtung. Es ist auch bereits mitgetheilt worden (§ 33), daſs es ursprünglich Absicht war, die beiden Hafendämme einander mehr zu nähern, und daſs mehrfache Bedenken über die Frage erhoben sind, ob die gewählte Weite nicht zu groſs sei und eine zu starke Wellenbewegung im Hafen veranlasse.

Wenn aus vorstehenden Angaben ein Schluſs gezogen werden soll, so möchte sich wohl rechtfertigen, das Maaſs für die zu wählende Weite der Mündung eines Handelshafens, der am offenen Meere liegt und von groſsen Schiffen besucht wird, auf 200 bis 300 Fuſs anzunehmen. Kleinere Weiten dürften nur zulässig sein, wenn die Rhede geschützt ist, und zu gröſseren wird man sich nur verstehn, wenn der Hafen ein Bassin-Hafen ist, in welchen also die Schiffe in sehr abweichenden Richtungen einsegeln können.

§. 39.

Erhaltung der Tiefe.

Es giebt nur wenige Häfen, in denen keine Verflachungen statt finden. Sie fehlen nur, wenn weder solche Flüsse noch Bäche sich in sie ergieſsen, die Sand oder Kies oder feinere erdige Stoffe ihnen zuführen, und wenn auſserdem auch die Küstenströmung kein Material hineintreibt. Endlich müssen die Umfassungswände hin-

stehend dicht, und die umgebenden Ufer so befestigt sein, dafs der
See Sand nicht vom Winde hineingeweht wird. Solche günstige Umstände treffen nicht leicht zusammen, und daher mufs man fast alle Häfen periodisch ausbaggern, um die nöthige Tiefe ihnen zu erhalten. Man ist oft der Ansicht, dafs diese kostbare und lästige Arbeit sich vermeiden läfst, indem die hindurchgehende Strömung schon die Ablagerungen verhindern, oder falls solche zeitweise doch erfolgt sind, dieselben später wieder beseitigen kann. Für diesen Zweck müfste die Strömung aber ungewöhnlich stark und zugleich auch dauernd sein, oder sich doch in sehr kurzen Zwischenzeiten immer wieder aufs Neue einstellen. Ein Beispiel dieser Art ist nur der Hafen Nieuwen-Diep (Fig. 28), bei dem in Folge der eigenthümlichen Fluthverhältnisse eine sehr starke Durchströmung des Hafens erfolgt. In welcher Weise dieselbe künstlich dem Hafen zugeführt wird, soll im Folgenden mitgetheilt werden.

In der Regel ist die Wassermenge, die den Hafen durchströmt, vergleichungsweise gegen das grofse Profil, welches man dem letzteren geben mufs, viel zu unbedeutend, als dafs sie eine kräftige Spülung veranlassen könnte. Der Hafen mufs nämlich hinreichende Tiefe haben, damit die Schiffe, auch wenn sie beladen sind, den Grund nicht berühren, und zugleich mufs er so breit sein, dafs Schiffe in mehreren Reihen an den Kais liegen können, ohne die Bewegung anderer zu verhindern. Hierdurch wird ein so grofses Profil bedingt, wie selbst in ansehnlichen Strömen sich nicht zu bilden pflegt, ein solches kann sich daher auch nicht dauernd von selbst erhalten. Dieser Uebelstand läfst sich indessen beseitigen, insofern der Hafen gegen Wellenschlag gesichert ist, und sonach der Bagger, wenn auch vielleicht mit kurzen und seltenen Unterbrechungen, doch unter gewöhnlichen Witterungs-Verhältnissen mit Erfolg arbeiten kann.

Ganz anders verhält es sich dagegen mit der Mündung des Hafens und mit dem Fahrwasser vor demselben. Beide sind, wenn sie an der offenen See liegen, gegen den Wellenschlag nicht geschützt, und sonach ist die künstliche Vertiefung hier nur bei besonders ruhiger Witterung, also nur ausnahmsweise möglich. In ihnen müssen demnach die Verflachungen möglichst verhindert, oder wenn sie vorübergehend entstanden sind, durch einen kräftigen Spülstrom bald wieder beseitigt werden.

Soweit es irgend geschehn kann, mufs man aber im Hafen selbst jede Verflachung zu verhindern suchen, um die Baggerarbeiten auf das kleinste Maafs zu beschränken. In dieser Beziehung ist es sehr wichtig, wenn durch den Hafen ein ausgedehnter Binnensee oder ein Haff mit dem Meere in Verbindung steht, und die Ströme oder Flüsse, die hier münden, sich in den ersteren ergiefsen. Alle erdigen Theilchen und aller Sand, die sie mit sich führen, fallen alsdann in diesem zu Boden, und der aus ihm in den Hafen eintretende Strom enthält nur reines Wasser. Bei mehreren unserer Häfen ist dieses der Fall.

Wenn dagegen ein Flufs oder Bach sich unmittelbar in den Hafen ergiefst, und diesem viele Sinkstoffe zuführt, die in den weiten und tiefen Profilen des Hafens niederschlagen, so rührt dieses häufig davon her, dafs die Ufer jenes Zuflusses hoch und sandig und nicht gehörig befestigt sind, also abbrechen und dadurch den Wasserlauf mit grofsen Massen erdiger Theilchen versehn. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, müssen die Ufer gedeckt, oder andre Vorkehrungen getroffen werden, um die abbrechenden Massen vom Hafen abzuhalten. Neben Port Vendre, am Fufse der Pyrenäen, hatte man die Schluchten, in welchen bei starkem Regen grofse Wassermassen herabstürzen, durch Mauern aus Bruchsteinen geschlossen, damit die Steine und das Gerölle, welches von dem Wasser gelöst und fortgerissen wird, sich vor denselben ansammeln möchte. Dieses war auch im vollsten Maafse geschehn, denn oberhalb der Mauern hatten sich die tiefen Bachbetten vollständig angefüllt, so dafs nunmehr kein weiterer Erfolg von diesen Anlagen zu erwarten war. Wenn man aber auch an solchen Stellen von Zeit zu Zeit Räumungen vornimmt, so sind diese jedenfalls weniger kostbar, als wenn der Bach die Steine bis in den Hafen treibt, und man sie alsdann von der Sohle desselben heben und von hier fortbringen mufs.

Auch der Sand und andre erdige Theilchen lassen sich in ähnlicher Weise von dem Hafen abhalten. Wenn man nämlich oberhalb des letzteren dem Flusse künstlich ein recht grofses Profil giebt, oder ein Klärungs-Bassin bildet, das er durchströmt, so werden wegen der sehr geringen Geschwindigkeit die im Wasser schwebenden, oder die auf dem Boden fortgeführten Stoffe sich hier ansammeln, und das Wasser wird rein in den Hafen treten. In

dieser Weise füllt sich freilich das künstliche Bassin eben so an, wie sonst der Hafen sich verflacht haben würde, und man mufs, sobald es nöthig ist, jenes durch Ausbaggern oder Ausgraben wieder vertiefen. Es wird also die Arbeit des Aufräumens nicht umgangen, es liegt jedoch ein sehr grofser Gewinn darin, wenn die Baggerarbeiten im Hafen selbst aufhören oder sich wesentlich vermindern, weil einestheils alsdann die Schiffahrt nicht behindert, aufserdem aber auch der Sand oder Schlamm nicht aus so grofser Tiefe wie im Hafen ausgehoben werden darf. Für den Hafen Stolpmünde ist eine Anordnung dieser Art schon seit geraumer Zeit vorgeschlagen worden, weil bei der grofsen Beschränkung des eigentlichen Hafens die Vertiefung desselben aufserordentlich schwierig und ohne wesentliche Störung der Schiffahrt nicht möglich ist. Man hat indessen bisher hiervon noch Abstand nehmen müssen, weil eine feste Brücke vor derjenigen Stelle liegt, welche zur Einrichtung des Bassins sich allein eignet, und weder die Baggermaschinen, noch selbst auch die Prahme diese passiren können. Die localen Verhältnisse veranlassen in diesem Hafen besonders starke Verlandungen, denn einestheils führt die Stolpe grofse Sandmassen herab, welche sie in dem Hafen niederschlägt, andrerseits spült hier aber auch die See, mehr als an einem andern Punkte der Preufsischen Küste, feinen Kies an, der vor einigen Jahren die Mündung sogar vollständig gesperrt hatte. Um in solchem Falle die nöthigen Räumungen sogleich vornehmen zu können, sobald die Witterung dieses irgend gestattet, war es nothwendig, dafs die Baggerfahrzeuge jederzeit mit Leichtigkeit in den Hafen gebracht werden können, was nicht der Fall sein würde, wenn sie hinter der Brücke beschäftigt wären.

In dem letzterwähnten Hafen, so wie auch in denjenigen bei Colbergermünde und Rügenwaldermünde hat man noch eine eigenthümliche Einrichtung getroffen, um wenigstens einzelne Theile vor Versandungen zu sichern, welche die hindurchgehenden Flüsse verursachen. Man hat nämlich in diesen Häfen stellenweise die Flufsbetten verbreitet und daselbst leichte Scheidewände zwischen den eigentlichen Flüssen und den so gebildeten Bassins angebracht. Auf der oberen Seite schliefsen sich diese Wände an die Ufer an, abwärts dagegen hören sie im Wasser auf, so dafs sich hier die Zugänge zu den Bassins bilden. Man nennt die letzteren **Winterhäfen**, und ihr eigentlicher Zweck ist auch vorzugsweise nur der,

dafs die Schiffe darin gegen den Eisgang gesischert sein sollen, wiewohl letzterer in den betreffenden Flüfschen, die sämmtlich nur in Niederungen sich sammeln, nicht von Erheblichkeit ist.

Fig. 117 zeigt den Hafen von Stolpmünde. Man bemerkt darin neben dem oberen Theile der Stadt auf dem rechten Ufer der Stolpe den Winterhafen, der vor einigen Jahren bedeutend vergröfsert ist, und dessen weitere Vergröfserung noch in Aussicht steht. Man kann denselben nicht als eigentliches Hafenbassin ansehn, weil er nicht mit Kais umgeben ist, auf welchen der öffentliche Verkehr sich ausbilden könnte. Er schliefst sich allein mit einer Seite an das Ufer an, und selbst hier ist nur ein schmaler Strich Landes, der nur so eben den Zugang bildet, als öffentlicher Weg vorbehalten, während das dahinter liegende Terrain sowol bei diesem Hafen, als auch in den erwähnten beiden andern, Besitzthum von Privatpersonen oder von Communen ist. Die punktirten Linien in der Zeichnung geben die Grenze des zum Hafen gehörigen Terrains an.

Auf derjenigen Seite, wo der Winterhafen an den Flufs sich anschliefst, ist er von diesem nur durch eine doppelte Pfahlwand getrennt, wozwischen Senkfaschinen herabgelassen sind, um einen ziemlich dichten Abschlufs zu bilden, so dafs der Sand nicht hindurchtreiben kann, und der Winterhafen vor Verflachungen einigermaafsen gesichert bleibt. Nichts desto weniger mufs derselbe dennoch von Zeit zu Zeit immer ausgebaggert werden. Die erwähnten Pfahlwände tragen aber keine Brücke, so dafs sie selbst zum Uebergange von Personen nicht geeignet sind, und noch weniger zum Verladen von Gütern benutzt werden können. Aus diesen Gründen bilden diese Anlagen keineswegs wirkliche Häfen, die für den Verkehr benutzt werden können, sie sind vielmehr allein, wie auch ihr Name besagt, tiefere Bassins, worin die nicht im Gebrauche befindlichen Schiffe liegen können.

Um einen Hafen vor Verflachungen zu sichern, ist es ferner nothwendig, denselben mit soliden und dicht schliefsenden Ufereinfassungen zu versehn. Dieses mufs wenigstens soweit aufwärts geschehn, als der Wellenschlag der See sich darin fortsetzt. Bei dem fortwährenden Wechsel des Wasserstandes, den dieser veranlafst, wird der Sand und selbst der Kies, der die Hinterfüllung bildet, und eben so auch die feineren Thontheilchen und anderes Material daraus fortgespült. Am stärksten geschieht dieses

im Niveau des Wassers und einige Fuſse darunter. Eine Undichtigkeit der Wand in gröſserer Tiefe ist, wenn auch immer nachtheilig, dennoch nicht von so groſser Bedeutung. Man kann sonach die hier befindlichen Ufer keineswegs in der einfachen Weise sichern, wie etwa die Ufer der oberländischen Flüsse, wenn sie von keinem heftigen Strome getroffen werden. Die Anwendung von Flechtzäunen, oder von Senkfaschinen, die man gegen Pfählchen lehnt, sind hier ganz unstatthaft, weil sie theils zu vergänglich, vorzugsweise aber, weil sie nicht hinreichend dicht sind, um das Durchfallen der Erde zu verhindern. Selbst Bohlwerke, wenn sie nicht mit einer gut schlieſsenden Spundwand versehn sind, genügen nicht, und in gleicher Weise darf die Spundwand selbst vor Kai-Mauern nicht fehlen. Wo man nicht in dieser Art für die nöthige Sicherheit gesorgt hat, da wiederholt sich fortwährend, und vorzugsweise nach heftigen Stürmen die Erscheinung, daſs die Hinterfüllung mit dem etwa darüber befindlichen Pflaster in der Breite von einer Ruthe und auf mehrere Ruthen Länge einstürzt, und oft bis unter das Wasser versinkt. Man ist alsdann zu immer neuen Nachfüllungen und Ausbesserungen gezwungen, um die Kais nutzbar zu erhalten, und auſserdem stürzen diese Erd- und Sandmassen in den Hafen, die man daraus nur durch Baggern wieder entfernen kann.

Endlich werden auch zuweilen die Verflachungen im Hafen dadurch veranlaſst, daſs ähnliche Massen mit den Quellen oder den Straſsenrinnen, oder auch wohl durch unmittelbares Einschütten als Kehricht in den Hafen kommen. Wenn aber kahle Sandberge, oder unbedeckte Sandschellen neben dem Hafen sich befinden, so treibt auch der Wind groſse Quantitäten hinein. Namentlich pflegt letzteres auf den Lagerplätzen für Holz zu geschehn. Beim Aufschleppen desselben wird die Grasnarbe, die sich vielleicht gebildet hatte, vollständig zerstört, die Fläche lockert sich also fortwährend auf und bleibt ganz kahl, woher der Wind den gelösten Sand leicht faſst und ihn in den Hafen treibt. Die Wirkung ist so groſs, daſs selbst die aufgesetzten Haufen Scheitholz umstürzen, indem der Wind den Sand darunter forttreibt, und es läſst sich hieraus auf die Masse schlieſsen, die bei jedem heftigen Sturme in den Hafen stürzt. Es ist gewiſs sehr schwierig, in dieser Beziehung eine Aenderung der Verhältnisse herbeizuführen, da die Besitzer solcher Plätze durch die Forderung, daſs diese gedeckt werden sollen, sich

in der Benutzung ihres Eigenthums beeinträchtigt und zur Ausführung der betreffenden Anlagen nicht für verpflichtet halten. Der Nachtheil, den sie dem Hafen zufügen, läſst sich aber bei den vielfachen Ursachen der Verflachung selten mit voller Sicherheit nachweisen. Es ist indessen schon ein wesentlicher Gewinn, wenn man, was doch überall der Fall sein sollte, wenigstens einen hinreichend breiten Weg rings um den ganzen Hafen, als zu demselben gehörig, vorbehalten hat. Die Hafenverwaltung muſs alsdann für die Befestigung dieses Weges sorgen, und wenn derselbe beim Aufschleppen des Holzes beschädigt wird, so läſst sich die schleunige Wiederherstellung unbedingt fordern. Wenn aber das anstoſsende Privat-Grundstück kahle Sandschellen enthält, und von diesen aus, wie sich leicht erkennen läſst, der Sand auf jenen Weg treibt, und denselben theilweise überdeckt und seine Benutzung erschwert, so ist der Eigenthümer von jenen gleichfalls verpflichtet, dieses Erschwerniſs alsbald wieder zu beseitigen. Bei gehöriger Aufsicht pflegt es immer zu gelingen, diesen und ähnlichen Uebelständen vorzubeugen, wenn sie auch durch langjährige Vernachlässigung bereits tief eingewurzelt sind. Sehr schädlich ist in solchen Fällen eine gewiſs unpassend ausgeübte Humanität, indem man dem Privatmanne die Ausübung seines Gewerbes oder seines Handels-Betriebes nicht erschweren will, wenn auch das öffentliche Interesse dabei augenscheinlich und in hohem Grade leidet.

Auch vom Seestrande pflegen bedeutende Sandmassen seitwärts in den Hafen getrieben zu werden, und es ist nicht nur viel schwieriger, sondern sogar sehr bedenklich, sich gegen diese zu schützen. Schon bei Gelegenheit des Dünenbaues (§ 25) wurde erwähnt, wie bei heftigen Winden, die ungefähr die Richtung des Strandes haben, der Sand auf dem letzteren in Bewegung gesetzt wird, so daſs er, wenn er auch keineswegs aus feinen Körnchen besteht, das Ansehn einer dichten Staubwolke gewinnt und soweit durch die Luft geschleudert wird, daſs er selbst über die Hafenmündungen fortfliegt. Daſs dieses wirklich geschieht, davon kann man sich leicht überzeugen, insofern man über schmalen Mündungen gar keine Unterbrechung, und selbst keine Abschwächung dieser Sandwolken wahrnimmt. Nichts desto weniger fällt doch ein groſser Theil derselben in den Hafen und befördert dadurch die Verflachung. Indem diese Erscheinung besonders auffällig ist, so legt

man ihr im Allgemeinen auch vorzugsweise grofse Bedeutung bei, und gewöhnlich dringen nicht nur die Baubeamten, sondern auch die Bewohner der Hafenorte darauf, man solle die Graspflanzungen neben dem Hafen, und zwar an der Seite, wo diese Verwehungen vorzugsweise sich bilden, nach Möglichkeit ausdehnen. Arbeiten dieser Art haben gemeinhin einen augenscheinlichen Erfolg. Die Sandablagerungen pflegen vor den westlichen Molen schon von selbst sich stark auszubilden, die Bepflanzung mit Strandhafer gedeiht also in der Regel ganz nach Wunsch. Derselbe fängt den antreibenden Sand auf, wird durch ihn überdeckt, und wächst im nächsten Jahre um so kräftiger hindurch, so dafs er wieder in gleicher Weise wirksam ist und sonach in wenig Jahren neben dem Hafen einen hohen Sandberg oder eine Düne bildet. Die dauernde Befestigung derselben wird indessen wegen ihrer Höhe und ihrer steilen Dossirung an der Hafenseite überaus schwierig. Sobald man aber solche vernachlässigt, so bricht die neue Düne schnell ab, der Wind bildet Rinnen darin und der ganze Hügel stürzt vielleicht in der kürzesten Zeit in den Hafen. Der Sand fliegt alsdann nicht mehr zum Theil darüber fort, wie es auf dem niedrigen Strande geschehn wäre, weil die hohe Ablagerung die dahinter befindliche Wasserfläche vor dem Winde schützt, und die Verflachung des Hafens ist schliefslich viel bedeutender, als wenn man den Sandflug, wie er sich ursprünglich bildete, gar nicht gestört hätte.

Bei diesem Verfahren tritt indessen noch ein anderer und zwar ein viel gröfserer Uebelstand ein. Die Erhöhung des Strandes an derjenigen Stelle, wo Sandablagerungen sich schon von selbst bilden, hat wieder die Verbreitung des Strandes zur Folge. Letzterer rückt also seewärts vor, und es verschwindet die Bucht, welche der Hafendamm ursprünglich darstellte. Diejenigen Sandmassen, welche bei starkem Wellenschlage auf dem Strande auf und ab getrieben, und zugleich von den Wellen oder der Küstenströmung fortgeführt werden, erreichen also auf solchem Wege die Hafenmündung, wo sie bald einigen Schutz finden und diese sperren. Unter den Verhältnissen, wie sie an unserer Ostsee-Küste sich darstellen, ist die Richtung des heftigsten und des am häufigsten eintretenden Sandfluges dieselbe, der auch der Küstenstrom gewöhnlich folgt. Der Versuch, den fliegenden Sand unmittelbar vor dem Hafen auf dem Strande aufzufangen, vereitelt also den Zweck der

weit vortretenden Hafenmole und befördert wesentlich die Verflachung der Mündung, die, wie bereits erwähnt, viel schwieriger zu beseitigen ist, als die Verflachungen im Innern des Hafens. Ueberdiefs ist die Masse des Sandes, die vom Strande aus in den Hafen geführt wird, auch gewifs nicht so grofs, als man gewöhnlich glaubt. Die Staubwolke, die man bei heftigem Winde in der Richtung des Strandes sich erheben sieht, reicht über den Hafen fort, also stürzt keineswegs aller Sand, den sie enthält, in den letzteren herab, und wenn der Strom ausgeht, so führt derselbe die Körnchen, die ihn treffen, der See zu. Als der Swinemünder Hafen vor 40 Jahren gebaut wurde, existirte bereits die Joachims-Fläche zur Seite der westlichen Mole und zwar schon in bedeutender Höhe, während sie auch gegenwärtig noch überall einige Fufse unter Wasser liegt. Wenn sie aber vor mehreren Jahren sich merklich erhöhte, so rührte dieses ohne Zweifel von den beiden sehr einfach construirten und daher nur mit engen Durchflufs-Oeffnungen versehenen Brücken her, die Behufs anderer Bauten darüber geführt wurden, und mehrere Jahre hindurch bestanden. Sie schwächten die Strömung auf dieser Fläche und gaben daher Veranlassung zu ihrer Erhöhung, die gerade in jener Zeit sehr auffallend gewesen sein soll.

Ohne Zweifel ist es sehr zweckmäfsig, den Sand, soweit er ein Spiel des Windes ist, auf dem Strande selbst aufzufangen und festzulegen, damit er nicht in den Hafen fliegt, dieses mufs aber in solcher Entfernung von dem letzteren geschehn, dafs dadurch die Bucht vor derjenigen Mole, die vom Küstenstrome getroffen wird, sich nicht abflacht oder ganz verschwindet. Dieselbe ist vielmehr für die Offenerhaltung der Hafenmündung von der höchsten Wichtigkeit, weil sie Veranlassung giebt, dafs der Küstenstrom zugleich mit dem Sande, den er mit sich führt, die Richtung nach dem Meere annimmt, also den Sand an einer Stelle ablagert, wo er dem vollen Angriffe des Wassers ausgesetzt, und daher leichter fortgetrieben wird.

Die Verflachungen im innern Hafen kann man, wie bereits erwähnt, durch Baggern beseitigen, und in den drei Häfen in Hinter-Pommern werden selbst die dort benutzten Pferdebagger regelmäfsig bis nahe an die Mündung im Betriebe erhalten, noch weniger hindert aber einige Wellenbewegung den Gang der Dampfbagger.

Der Grund, weshalb man letztere hier nicht benutzen kann, während sie doch in unsern gröfseren Häfen mit vollständigem Erfolge beinahe ausschliefslich Anwendung finden, liegt allein darin, dafs diese Häfen nicht die hinreichende Breite haben. Der kurze Pferdebagger läfst sich ohne wesentliche Störung der Schiffahrt überall hinlegen, wo er gebraucht wird, der lange Dampfbagger mit den grofsen Prahmen auf einer oder auf beiden Seiten würde dagegen den ganzen Hafen stellenweise sperren.

Ein andrer Umstand, der die kräftige Baggerung vielfach behindert, ist die Schwierigkeit, das gehobene Material zu verkarren, oder es in andrer Weise zu beseitigen. Namentlich ist dieses wieder bei Stolpmünde der Fall, wo die hohen Dünen auf beiden Seiten und vorzugsweise auf der westlichen bis nahe an den Hafen hinantreten, und in dem engen Thale des Stolpe-Flusses wenig Gelegenheit sich findet, den ausgebaggerten sterilen Sand abzulagern. Man sieht sich gezwungen, ihn auf die Dünen zu schaffen und mit ihm die Vertiefungen in denselben auszufüllen, wobei aber immer zugleich auf seine Bepflanzung Bedacht genommen werden mufs, und auf diese Art die Arbeit sich noch mehr vertheuert.

Die Kosten für die eigentliche Baggerung sind jedesmal bedeutend geringer, als diejenigen, welche die Fortschaffung des gehobenen Materials verursacht, wenn man nicht etwa Gelegenheit hat, dasselbe unmittelbar aus den Prahmen in tieferes Wasser zu verstürzen. In den Seehäfen pflegt sich hierzu immer Gelegenheit zu bieten, und man darf nicht annehmen, dafs der aufgeworfene Sand wieder in den Hafen zurückkommen, noch auch sonst das Fahrwasser verflachen oder verengen werde, wenn man ihn in einiger Entfernung und zwar in der Richtung des Küstenstromes in die See versenkt. Es pflegt freilich auch in diesem Falle vielfach die Vermuthung ausgesprochen zu werden, dafs der Sand wieder zurückkehre, und man daher dieselbe Masse immer von Neuem aushebe, doch fehlt dafür jede Begründung, und wenn man die endlosen Massen betrachtet, welche den Strand bilden und von diesem aus längs unserer ganzen Küste bis zu grofser Tiefe sich fortsetzen, so kann wohl unmöglich durch die vergleichungsweise nur sehr geringe hinzugefügte Quantität, die sich überdiefs augenblicklich eben so fest, wie der andre Sand ablagert, also den letzteren der ferneren Bewegung entzieht, eine Störung der natürlichen Verhältnisse

veranlafst werden, und jedenfalls genügt in dieser Beziehung schon vollständig die Vorsicht, wenn man die Ladungen in derjenigen Richtung abführt, in welcher die Küstenströmung sich gewöhnlich bewegt.

Dieses Verfahren ist indessen nur zu wählen, wenn man grofse Prahme benutzt, die auch bei mäfsigem Wellenschlage noch sicher fahren können, und zu mehreren, gewöhnlich zu sechs, von einem kräftigen Dampfboote bugsirt werden. Hieraus folgt aber wieder, dafs der Hafen geräumig und hinreichend breit sein mufs, weil neben dem Dampfbagger diese grofsen Prahme nebst dem Bugsirboote ohne Störung der Schiffahrt sich sonst nicht frei bewegen können.

Aufser den erwähnten Verflachungen treten solche auch in der Mündung des Hafens und sogar vor derselben ein, diese sind aber vorzugsweise nachtheilig,, weil sie theils bei anhaltenden Stürmen sehr schnell und in grofser Höhe sich auszubilden pflegen, theils aber, weil sie nur selten und zwar nur unter besonders günstigen Witterungs-Verhältnissen durch Baggerung beseitigt werden können, also oft eine lange Zeit vergeht, bevor sich hierzu Gelegenheit bietet. Verflachungen dieser Art kommen vor denjenigen Häfen nicht vor, welche zwischen Felsenufern liegen, die aus grofser Tiefe emporsteigen, wo also der eigentliche Strand ganz fehlt, und keine Sand- und Kiesmassen von den aufschlagenden Wellen in Bewegung gesetzt werden, so dafs sie der Küstenströmung mit Leichtigkeit folgen können. Im südlichen Frankreich wiederholt sich vielfach ein solches günstiges Verhältnifs. Bei Port Vendre, Marseille, la Ciotat, Cassis, Toulon und andern Häfen fehlt der zusammenhängende Strand ganz, und nur in besonders geschützten Buchten bemerkt man Spuren desselben, indem sich hier Kies-Ablagerungen über Wasser zeigen. Wenn aber der Kies in gröfserer Tiefe auch hier nicht fehlt, so ist derselbe viel weniger nachtheilig, weil in der Tiefe die Kraft der Wellen sich schwächt, also die einzelnen Körnchen nur wenig oder gar nicht bewegt werden, und demnach die Strömung, die an sich zu schwach ist, um sie fortzuführen, so lange sie auf dem Grunde liegen, keinen oder nur einen sehr geringen Einflufs auf sie ausübt.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn der Hafen an einer Küste liegt, vor der ein vollständig ausgebildeter Strand sich hinzieht, und am nachtheiligsten ist es alsdann, wenn der stärk-

ste Küstenstrom dieselbe Richtung hat, welche die des herrschenden Windes ist. Dieses ist der Fall eben sowol an den Preufsischen Ostsee-Häfen, wie an den Englischen und Französischen Häfen zu beiden Seiten des Canales. Der herrschende Wind und Küstenstrom ist von Westen nach Osten gerichtet. Indem die Wellen bei diesem Winde auflaufen, so stofsen sie die einzelnen Sand- oder Kieskörnchen in dieser Richtung, die beim Ablaufen des aufgetriebenen Wassers normal gegen den Strand zurückfallen. Diese Bewegung wird aber noch wesentlich durch die Küstenströmung verstärkt.

In solcher Weise rückt die Masse des bewegten Materials immer weiter, und sobald sie einer Oeffnung begegnet, die stehendes Wasser enthält, so bleibt sie am Ende desjenigen Strandes liegen, den sie bisher verfolgt hatte, sie dehnt denselben also weiter aus, und sperrt schliefslich die ganze Oeffnung. Dieses zeigen die Erscheinungen an den Mündungen kleiner Wasserläufe, die sich unmittelbar in das Meer ergiefsen (§ 12). Die Entstehung der Nehrungen erklärt sich auch in dieser Weise, indem die Strömung nicht den weit zurücktretenden Ufern der Buchten folgt, vielmehr sich direct gegen einzelne, am weitesten vortretende Uferecken richtet. Die Köpfe der Hafendämme bilden solche, und so geschieht es, dafs die Küstenströmung und mit derselben auch der Strand sich denselben zuwendet, und die Bucht, welche früher vor dem Hafendamme stattfand, oft in kurzer Zeit sich anfüllt. Diese Erscheinung bemerkt man jedesmal, wenn nicht ein kräftiger Strom aus dem Hafen tritt. Ein solcher lenkt den Küstenstrom ab, und indem er ihn in der Richtung der Hafenmündung gegen das offene Meer wendet, so trägt diese Ablenkung wesentlich zur Erhaltung jener Bucht bei, und die Sandablagerung setzt sich zur Seite des Fahrwassers in der Richtung desselben nach dem offenen Meere fort. Vor dem Swinemünder Hafen Fig. 101 zeigt sich diese Erscheinung sehr deutlich.

Falls eine solche Ablenkung des Küstenstromes nicht stattgefunden, vielmehr die ganze Bucht sich zugelegt hat, und der Strand in gerader oder flach gekrümmter Linie die Enden der Hafendämme erreicht, so geht nunmehr die weitere Fortsetzung der Strandbildung, also die Verschliefsung des Hafens rasch vor sich. Dafs dieselbe in der beschriebenen Art wirklich erfolgt, ergiebt sich daraus,

dafs zuerst an der innern Seite des westlichen Kopfes Ablagerungen sich zeigen, die bald weit vortetende Zungen bilden, deren Umfahrung besonders in engen Hafenmündungen sehr beschwerlich ist. Wenn aber der westliche Sturm lange genug anhält, so schliefst sich die Mündung vollständig und die Schiffahrt wird ganz unterbrochen.

Diese höchst nachtheiligen Erfolge treten vorzugsweise bei westlichen Stürmen ein, wobei auch die Küstenströmung am stärksten wird. Sowol diese, als auch die Wellen, setzen alsdann den Sand oder Kies am meisten in Bewegung, und treiben die gröfsten Massen desselben nach Osten. Nimmt der Wind dagegen eine mehr nördliche Richtung an, trifft er also stärker das Ufer, wie auch die Hafenmündung, so wird nicht nur die Bewegung der einzelnen Körnchen wesentlich verzögert, und sie entfernen sich weniger von der Stelle des Strandes, wo sie sich befinden, sondern es wird auch eine andere Bedingung, die zur Schliefsung der Buchten in der beschriebenen Weise nothwendig war, nicht mehr erfüllt. Es hört nämlich die Ruhe des Wassers auf, und die Körnchen, die noch durch die Küstenströmung herbeigeführt werden, bleiben nicht auf dem Boden liegen, vielmehr werden sie von den stark einlaufenden Wellen schwebend erhalten, und folgen daher selbst schwächeren ein- oder ausgehenden Strömungen. Hiermit hängt ohne Zweifel die Erscheinung zusammen, dafs derjenige Theil eines Hafens, der unmittelbar vor der Mündung zwischen den beiden Dämmen sich befindet, gemeinhin die volle Tiefe behält, wenn auch sowol die Mündung, als der hintere Theil des Hafens sich stark verflachen. Eine Ausnahme hiervon bemerkt man nur, wenn die beiderseitigen Molen übermäfsig weit von einander entfernt sind, wie etwa beim Swinemünder Hafen, aber selbst in diesem erhält sich die Tiefe gleichfalls in derjenigen Richtung, welche die einlaufenden Wellen vorzugsweise verfolgen.

Man darf indessen nicht annehmen, dafs der von der Seeseite aus eintreibende Sand nur in der Mündung des Hafens oder neben derselben liegen bleibt. Er wird bei heftigem Seewinde von den Wellen schwebend erhalten, und bei kräftigem eingehenden Strome wird er von dem letzteren erfafst und weit aufwärts geführt. Die Sandablagerungen vor der oberen Mündung der Swine, die sich am Fufse der Lebbiner Berge, also schon im Haffe bilden, und hier

periodisch immer gebaggert werden müssen, weil sie das Fahrwasser sperren, sind nicht etwa von diesen Bergen herabgestürzt oder aus dem Binnenlande herbeigeführt, sie bestehn vielmehr aus Seesand, wie sich aus den darin befindlichen Muscheln ergiebt. Der Seesand wird also hier, durch das ziemlich beschränkte Bette der Swine, in der sich bei anschwellender See eine starke eingehende Strömung bildet, beinahe 3 Deutsche Meilen weit heraufgeführt. Auch bei Pillau findet etwas Aehnliches statt, denn die ausgedehnten Sandbänke auf der östlichen Seite des Tiefes, also im Haffe, die erst in den letzten Jahrhunderten entstanden sind, und die frühere directe Fahrt nach Königsberg vollständig gesperrt haben, bestehn gleichfalls aus Seesand, der bei westlichen Stürmen eingetrieben ist. Der gröbere Kies, der an manchen Stellen, wie zum Beispiel neben Stolpmünde, vorzugsweise den Strand bildet, ist zu schwer, als dafs er der eingehenden Strömung noch folgen könnte. Sobald die Wellen nicht mehr heftig auf ihn einwirken, sinkt er zu Boden, und bei den Baggerungen im Innern dieses Hafens werden Kieskörnchen nur vereinzelt gefunden, selbst diese gehören aber immer zu den kleineren.

Um den erwähnten Verflachungen der Mündungen vorzubeugen, wo solche nach der Gestaltung der Meeresküste zu besorgen sind, giebt es nun kein wirksameres Mittel, als die Hindurchführung eines kräftigen Stromes durch den Hafen. Wo starker Fluthwechsel statt findet, läfst sich ein solcher meist künstlich darstellen, indem ausgedehnte Bassins zur Seite oder hinter dem Hafen mit dem Hochwasser gefüllt, und letzteres zur Zeit des nächsten Niedrigwassers durch recht grofse Abflufsöffnungen ausgelassen wird. Anders verhält es sich in den Häfen an der Ostsee und am Mittelländischen Meere, aber auch hier kann man zuweilen die localen Verhältnisse vortheilhaft benutzen, und dieselben durch manche bauliche Einrichtungen und Ausführungen noch wesentlich verbessern. Es wird im Folgenden hiervon ausführlicher die Rede sein. Hier mag nur erwähnt werden, dafs bei der zu Zeiten vorkommenden Erhebung oder Senkung des Wasserstandes der See durch den Wind, Einströmung und Ausströmung im Hafen erfolgt, und dafs man diese in der Mündung verstärkt, wenn man die letztere verengt, oder wenn man, wie bei Swinemünde geschehn ist, durch Anbringung einer Krümmung die Strömung möglichst concentrirt. Läfst sich

aber ein Strom oder ein Flufs durch den Hafen hindurch leiten, so wird man auch diesen zur Verstärkung der Strömung benutzen, und die Wirkung wird immer um so vollständiger sein, je mehr Wasser er abführt. Von besonderer Wichtigkeit ist es auch, wenn in der Nähe des Hafens ein ausgedehnter Binnensee sich befindet, der durch den Hafen mit dem Meere in Verbindung steht. Der Wasserspiegel desselben erhebt sich alsdann, oder senkt sich, sobald das Meer durch anhaltende Winde oder Stürme anschwillt oder herabsinkt, und die Ausgleichung beider erfolgt durch den Hafen. Es bildet sich also beim Beginne des Sturmes eine Einströmung, die gewöhnlich bedeutend stärker, als die spätere Ausströmung ist, und während dieser Zeit wird der in die Mündung eintreibende Sand entweder durch den ganzen Hafen hindurchgeführt, oder doch so weit aufwärts in demselben abgelagert, dafs er bequem durch Baggern beseitigt werden kann. Demnächst tritt freilich eine Periode ein, wo das Steigen der See und mit demselben auch die Einströmung aufhört, oder diese wird dadurch unterbrochen, dafs das Meer bis zum Niveau des noch nicht vollständig gefüllten Binnensees herabsinkt. In dieser Zeit erfolgen die Niederschläge in gleicher Weise, als wenn der Hafen an seinem obern Ende ganz abgeschlossen wäre, doch die Dauer dieser Periode ist meist nicht grofs, und um so kürzer, je ausgedehnter der Binnensee ist. Es tritt nämlich alsdann der Fall ein, dafs derselbe das Niveau des höchsten Wasserstandes des Meeres gar nicht erreicht, die eingehende Strömung also fortdauert, während das Meer sich weder erhebt noch senkt, und sonach sie erst aufhört, wenn letzteres schon wieder im Fallen begriffen ist. Die Strömung verändert unter diesen Umständen in sehr kurzer Zwischenzeit ihre Richtung, und nunmehr beginnt der durch die Binnenzuflüsse verstärkte und lange anhaltende ausgehende Strom, der vorzugsweise die Hafenmündung und mit dieser zugleich auch das vor derselben belegene Fahrwasser bis zur offenen See aufräumt.

Ein andrer Umstand, der gleichfalls für die Offenerhaltung der Hafenmündungen von wesentlichem Einflusse ist, betrifft die Beschaffenheit des Meeresufers und zwar an derjenigen Seite, von wo die Küstenströmung den Hafen trifft. Dieses ist für unsere Häfen in Pommern die westliche Seite. Es ist bereits früher (§ 23) erwähnt, wie vielfach man an dem Canale bemüht gewesen ist, durch

Sicherung der Ufer und durch Auffangen des vorbeitreibenden Materials die Kiesmasse zu vermindern, welche die Häfen zu sperren droht. Wenn dabei zuweilen auch Mifsgriffe vorgekommen sind, so hat die Erfahrung doch die grofsen Erfolge solcher Anlagen bereits aufser Zweifel gestellt. Ganz denselben Zweck verfolgt auch der Dünenbau, der also in Betreff der Offenerhaltung der Häfen von der höchsten Wichtigkeit ist.

Man hat in einzelnen Fällen und gewifs nicht ohne Erfolg auch ein mechanisches Mittel angewendet, um das Fahrwasser vor dem Hafen wieder zu eröffnen, wenn dieses stellenweise so verflacht war, dafs die Schiffe nicht aus- und eingebracht werden konnten. Dieses ist die Auflockerung des Grundes. Im zweiten Theile dieses Handbuches (§ 91) ist hiervon ausführlich die Rede gewesen. Dasselbe ist augenscheinlich nur wirksam, wenn eine kräftige Strömung gerade statt findet. Es beruht aber darauf, dafs die letztere den gelockerten Sand sogleich forttreiben und aufserdem auch die Vertiefung mit befördern mufs. Wenn eine Bank von ziemlich gleicher Höhe das Fahrwasser sperrt, so suche man diejenige Stelle in ihr aus, welche der Richtung des Stromes am besten entspricht. Hat man auch nur eine mäfsige Vertiefung hier dargestellt, so concentrirt sich daselbst sogleich die Strömung, und die weitere Arbeit wird alsdann um so erfolgreicher. Gemeinhin läfst man Anker, Dragger, auch wohl schwere Ketten und andre Eisenmassen, welche den Boden kräftig angreifen, durch Dampfböte oder andre Fahrzeuge darüber schleppen. Dabei kann jedoch immer nur ein kleiner Theil der Zeit auf die Beseitigung der höchsten Untiefen, worauf es vorzugsweise ankommt, verwendet werden. Passender dürfte es daher sein, das Fahrzeug über diejenige Untiefe, die man zunächst durchbrechen will, vor zwei Anker zu legen, und durch Hin- und Herbewegen eines Rechens zur Seite des Schiffes den Grund anzugreifen. Die auffallenden Erfolge, die ich auf diese Weise mittelst eines sehr einfachen Apparates erreichte, habe ich an der angeführten Stelle dieses Handbuches beschrieben. In neuster Zeit hat man auch in Nord-Amerika wieder grofse Rechen, die jedoch von Dampfböten geschleppt werden, mit Erfolg versucht. Auch in den Hafenmündungen selbst dürften Arbeiten dieser Art mit Nutzen anzuwenden sein.

Nach den noch vielfach herrschenden Ansichten wird indessen

von allen diesen Mitteln zur Offenerhaltung der Hafenmündungen gewöhnlich kein Gebrauch gemacht. Sobald die Hafenmündung nicht mehr die hinreichende Tiefe hat, so verlängert man die Molen bis zu der Stelle, wo die gewünschte Tiefe sich vorfindet. Wenn aber gegen solchen Vorschlag das Bedenken erhoben wird, dafs die Anlage, der sehr grofsen Kosten ohnerachtet, doch keinen dauernden Erfolg verspricht, so versucht man nachzuweisen, dafs an der Stelle, wohin man die Hafenmündung verlegen will, die Tiefe seit Menschengedenken sich unverändert erhalten habe. Der Einflufs des beabsichtigten Baues auf die Gestaltung des Ufers wird also unbeachtet gelassen, und eben so die grofsen Uebelstände, welche die Verlängerung der Hafenmündung mit sich führt. Der für die eigentlichen Zwecke des Hafens ganz nutzlose Raum wird vergröfsert, und mit demselben die Länge des engen Fahrwassers, das jedes Schiff durchlaufen mufs, bevor es in den Hafen oder in die offene See gelangt. Dieser letzte Umstand ist um so wichtiger, als ein Begegnen hier meist vermieden werden mufs, und nur bei günstigen Winden ein Durchsegeln statt finden kann, in andern Fällen aber das Schiff hier geschleppt oder auch wohl hindurch gewarpt werden mufs. Ferner vermindert sich durch die gröfsere Länge des Hafens das absolute Gefälle und mit demselben die Strömung, welche seine Mündung und das davor liegende Fahrwasser allein offen erhalten kann. Endlich sind die Hafendämme, wenn sie auch aus Steinen erbaut werden, doch keineswegs Anlagen, die ohne Reparatur sich dauernd erhalten, es steigern sich vielmehr die jährlichen Unterhaltungskosten mit der Verlängerung der Hafendämme sehr erheblich.

Alle diese Umstande müfsten wohl den Baumeister, der die wirkliche Verbesserung des Hafens beabsichtigt, sehr bedenklich machen, eine Verlängerung der Molen vorzuschlagen oder auszuführen, dennoch geschieht dieses fast immer, und diese Rücksichtslosigkeit erklärt sich dadurch, dafs man allein das augenblickliche und nächste Bedürfnifs in Betracht zieht, die späteren Folgen aber, die wahrscheinlich erst nach einer Reihe von Jahren sich fühlbar machen, unbeachtet läfst, weil ihre Beseitigung voraussichtlich dem Nachfolger im Amte zufallen wird. Sehr wichtig ist es, dafs man endlich angefangen hat, andre Mittel zur Verbesserung der Häfen zur Ausführung zu bringen. Bei Calais und Boulogne ist dieses

geschehn, obwohl die ersten Vorschläge sich auch hier wieder auf die Verlängerung der Hafendämme bezogen. Die dortigen Ingenieure machten aber auf die grofsen Uebelstände eines solchen Verfahrens aufmerksam, und es gelang ihnen, die nöthigen Verbesserungen in andrer Weise herbeizuführen. Im Folgenden wird hiervon ausführlicher die Rede sein.

Endlich wäre noch zu erwähnen, dafs in den Englischen Schriften über manche Häfen mehrfach die Frage behandelt wird, wie eine Hafenmündung anzuordnen sei, damit die einzelnen Kiesel, die von den Wellen und vom Strome herbeigeführt werden, nicht in die Mündung, sondern unmittelbar hinter dieselbe gelangen, so dafs sie ihren Weg fortsetzen können, ohne dafs der Hafen durch sie gesperrt wird. Auf diese Untersuchungen sind auch verschiedene Vorschläge gegründet, deren nähere Mittheilung indessen entbehrlich erscheint, insofern dabei das wirkliche Sachverhältnifs nicht richtig und nicht vollständig aufgefafst worden ist, vielmehr nur diejenige Bewegung der Kiesel betrachtet wird, in welche dieselben vor einem Strande, der sich ohne Unterbrechung in gerader Richtung hinzieht, durch die schräge auflaufenden Wellen versetzt werden.*) Man hat dabei auch den Hafen von Kingstown in Betracht gezogen, und insofern in demselben keine Verflachungen vorkommen, während solche in dem Liffey, in den er mündet, doch sehr stark sind, so hat man vorausgesetzt, dafs die hier getroffene Anordnung der Mündung die gesuchte Lösung der Aufgabe enthalte. Wenn sich indessen die Tiefe in diesem Hafen sehr vollständig erhält, so läfst sich dieses sehr einfach dadurch erklären, dafs nur reines Seewasser hineintritt. Schon in der Mündung mifst die Tiefe beim niedrigsten Wasserstande 25 Fufs, in südlicher Richtung nimmt sie aber sehr schnell noch mehr zu, und von hier tritt die Fluth aus dem Irischen Canale in den Liffey und in den Hafen. Letzterer befindet sich also in gleichen Verhältnissen, wie Felsenbuchten, die tiefes Wasser vor sich haben, und sonach durch die Küstenströmung nicht verflacht werden. Die Bucht des Liffey nimmt dagegen den Flufs dieses Namens auf, der ihr Sand und thonige Theilchen in grofser Menge zuführt, und dadurch so viele Untiefen gebildet hat, dafs sich nur ein schmales Fahrwasser bis Dublin hinzieht.

*) W. B. Pritchard, a treatise on harbours. Vol. I. London 1844.

erfolgt durch Mauern oder Bohlwerke, die sich von
nlandes wenig unterscheiden, deren geringe Ab-
ber später beschrieben werden sollen. Hier
chliefsungen der Häfen die Rede, welche
Meere und gewöhnlich sogar in demselben
n nennt sie Hafendämme oder Molen. Ihre
die eine sehr specielle Beschreibung erfordert, bleibt
unberührt, es soll vielmehr zunächst nur die Anordnung
ämme mit Rücksicht auf die verschiedenen dabei zu stellenden
nforderungen erörtert werden.

Die Hafendämme haben den Zweck, die im Hafen befindli-
hen Schiffe gegen den Wellenschlag zu sichern, der in der Nähe
er Küste immer besonders heftig ist, aufserdem sollen sie auch die
erflachungen verhindern, welche in jeder Oeffnung des Strandes
ich zu zeigen pflegen, wenn auch Ströme, oder Flüsse und Bäche
urch dieselbe in das Meer ausmünden. Damit endlich der von den
Iafendämmen umschlofsne Raum möglichst nutzbar werde, und die
chiffe wenigstens bei günstiger Witterung darin liegen und befrach-
et oder entladen werden können, so dürfen auf der innern Seite
eine flachen Dossirungen vortreten, auch müssen die Dämme be-
uem zugänglich sein, und dieses nicht nur bei ruhiger See,
ondern auch bei heftigen Stürmen. Man erreicht durch Erfüllung
ieser letzten Bedingung noch den sehr grofsen Gewinn, dafs man
en aus- und einlaufenden Schiffen in vielfacher Beziehung Hülfe
eisten kann.

In den Englischen und Französischen Häfen sind diese Dämme
ewöhnlich so eingerichtet, dafs man beim stärksten Seegange noch
u ihren Köpfen gelangen, und mittelst der darauf stehenden kräf-
igen Winden oder durch unmittelbares Anziehn der ausgebrachten
Taue den Schiffen zu Hülfe kommen, oder äufsersten Falles, wenn
as Schiff am Hafenkopfe zerschellen sollte, die Besatzung retten
ann. Diese Dämme sind freilich nicht so hoch, dafs sie von den
Vellen nicht erreicht würden, in diesem Falle dürften sie sogar we-
en der grofsen Höhe ihren Zweck vollständig verfehlen, dagegen
efinden sich an ihren äufsern Seiten starke Brustmauern, meist
twa 6 Fufs hoch, über welche die Wellen wohl herüberschlagen,
ber dennoch nicht unmittelbar die dahinter stehenden Personen

Das Wasser dieser Bucht, das zur Zeit der Ebbe unmittelbar neben der Hafenmündung vorbeifliefst, ist auch sehr trübe und unrein, es tritt aber nicht in den Hafen, verursacht also in demselben auch keine Verflachung, weil in derselben Zeit, wo der Liffey ausströmt, das Wasser aus dem Hafen gleichfalls abfliefst. Die Richtung der Mündung verursacht also nicht dieses günstige Resultat, vielmehr nur der Umstand, dafs der Hafen stets von reinem Wasser gefüllt wird.

Wenn dagegen bei starkem Fluthwechsel das in den Vorhafen eintretende Fluthwasser nicht unmittelbar aus der offenen See kommt, sondern über ausgedehnte Bänke von Schlamm und Erde oder auch über Watten und früheres Marschland geflossen ist, so ist es durch so starke Beimengung fremder Stoffe verunreinigt, dafs es eine dunkle Färbung annimmt. Diese Massen läfst es in dem Vorhafen fallen und verflacht dadurch denselben so sehr, dafs periodische Baggerungen in kurzen Zwischenzeiten nothwendig werden. Die Verflachung stellt sich aber noch in viel gröfserem Maafse ein, wenn durch die Hafenmündung nicht nur der Vorhafen, sondern auch das Spülbassin mit Wasser gefüllt wird, wie dieses meist zu geschehn pflegt. In dem weiten Vorhafen ist nämlich die Durchströmung so schwach, dafs schon hier die meisten erdigen Stoffe zu Boden sinken und nur ein kleiner Theil derselben bis in das Spülbassin gelangt, aus dem die Niederschläge leichter, als aus dem Vorhafen wieder beseitigt werden können. Gewifs trägt dieser Umstand wesentlich dazu bei, dafs in manchen Vorhäfen die Spülungen so wenig wirksam sind, und es ist daher vortheilhaft, wenn man durch eine besondere Einlafsschleuse das Spülbassin mit dem äufseren Wasser in Verbindung setzen, und es unmittelbar aus diesem füllen kann, ohne dafs der Zuflufs durch den Vorhafen hineintritt. In dem Projecte zur Verbesserung des Hafens von Cuxhaven war diese sehr wichtige Aenderung berücksichtigt worden.

§. 40.
Hafendämme.

Die Begrenzung der verschiedenen Hafen-Bassins gegen bereits bestehende Ufer oder Wasserflächen, die dem Wellenschlage nicht

sind, erfolgt durch Mauern oder Bohlwerke, die sich von
'es Binnenlandes wenig unterscheiden, deren geringe Ab-
n diesen aber später beschrieben werden sollen. Hier
'chen Umschliefsungen der Häfen die Rede, welche
dem Meere und gewöhnlich sogar in demselben
.. nennt sie **Hafendämme** oder **Molen**. Ihre
, die eine sehr specielle Beschreibung erfordert, bleibt
.och unberührt, es soll vielmehr zunächst nur die Anordnung der Dämme mit Rücksicht auf die verschiedenen dabei zu stellenden Anforderungen erörtert werden.

Die Hafendämme haben den **Zweck**, die im Hafen befindlichen Schiffe gegen den Wellenschlag zu sichern, der in der Nähe der Küste immer besonders heftig ist, aufserdem sollen sie auch die Verflachungen verhindern, welche in jeder Oeffnung des Strandes sich zu zeigen pflegen, wenn auch Ströme, oder Flüsse und Bäche durch dieselbe in das Meer ausmünden. Damit endlich der von den Hafendämmen umschlofsne Raum möglichst nutzbar werde, und die Schiffe wenigstens bei günstiger Witterung darin liegen und befrachtet oder entladen werden können, so dürfen auf der innern Seite keine flachen Dossirungen vortreten, auch müssen die Dämme **bequem zugänglich** sein, und dieses nicht nur bei ruhiger See, sondern auch bei heftigen Stürmen. Man erreicht durch Erfüllung dieser letzten Bedingung noch den sehr grofsen Gewinn, dafs man den aus- und einlaufenden Schiffen in vielfacher Beziehung Hülfe leisten kann.

In den Englischen und Französischen Häfen sind diese Dämme gewöhnlich so eingerichtet, dafs man beim stärksten Seegange noch zu ihren Köpfen gelangen, und mittelst der darauf stehenden kräftigen Winden oder durch unmittelbares Anziehn der ausgebrachten Taue den Schiffen zu Hülfe kommen, oder äufsersten Falles, wenn das Schiff am Hafenkopfe zerschellen sollte, die Besatzung retten kann. Diese Dämme sind freilich nicht so hoch, dafs sie von den Wellen nicht erreicht würden, in diesem Falle dürften sie sogar wegen der grofsen Höhe ihren Zweck vollständig verfehlen, dagegen befinden sich an ihren äufsern Seiten starke **Brustmauern**, meist etwa 6 Fufs hoch, über welche die Wellen wohl herüberschlagen, aber dennoch nicht unmittelbar die dahinter stehenden Personen

mit voller Kraft treffen, woher diese nicht der Gefahr ausgesetzt sind, durch sie fortgespült zu werden.

Bei der Anordnung unserer Hafendämme sind diese Vortheile nicht zu erreichen. Die östliche Mole des Swinemünder Hafens ist ganz ungeschützt. Die Unregelmäfsigkeit ihrer Oberfläche macht es schon beschwerlich, sie bei ruhiger See zu betreten, und diese Schwierigkeit nimmt in hohem Grade zu, wenn einzelne Wellen die Krone so eben erreichen. Erheben sich diese aber noch mehr, so ist das Betreten des Dammes mit augenscheinlicher Gefahr verbunden. Es ist schon früher (§ 5) erwähnt worden, dafs der Wärter des kleinen Leuchtthurmes auf dem Kopfe dieser Mole vor wenig Jahren drei Tage hindurch nicht nach dem Lande gelangen konnte, wiewohl der Mangel an Proviant hierzu dringende Veranlassung gab. Dazu kommt aber noch, dafs nach der bei uns üblichen Constructions-Art die äufsern flachen Steinböschungen ein Spiel der Wellen sind, und grofse Blöcke von denselben auf die Krone und über diese fort in den Hafen geworfen werden. Das Betreten des Dammes zur Zeit des Sturmes ist aber im Schiffahrtsinteresse hier auch ganz entbehrlich, weil man den Schiffen doch keine Hülfe leisten kann. Die Böschungen auf der innern, oder der Hafen-Seite verhindern nämlich jede Annäherung, und zwar um so mehr, als sie sich ganz unregelmäfsig ausgebildet haben, und der Schiffer sich von der Mole eben so sorgfältig fern halten mufs, wie von einem Felsriff, dessen Ausdehnung unter Wasser er nicht genau kennt.

Bei den Hafendämmen der drei Häfen in Hinter-Pommern hat man, wie bereits § 38 erwähnt, durch Pfahlwände oder sogenannte Gordungswände das tiefe Fahrwasser begrenzt, wodurch das Auflaufen der Schiffe auf die Steinschüttungen verhindert wird. In dem Hafen Stolpmünde ist aber bei der letzten Verlängerung der westlichen Mole (Fig. 117) die Steindossirung auf der Hafenseite gar nicht zur Ausführung gekommen, indem der Körper der Mole, der hier gleichfalls aus Senkstücken und Steinschüttung besteht, sich an eine Reihe dicht neben einander eingerammter Pfähle lehnt. Dieselbe Construction hatte ich schon vor 35 Jahren angewendet, als ich den östlichen Damm an der Mündung des eigentlichen Hafens von Pillau verlängerte. In diesen beiden Fällen erheben sich also die Hafendämme so steil, dafs Schiffe daran anlegen, oder unmittelbar daneben vorbeifahren können.

Von der Richtung der Hafendämme wird im Folgenden die Rede sein, zunächst ist ein wichtiger Punkt, der ihre Anordnung im Allgemeinen betrifft, zu erörtern. Die Ruinen der alten Hafendämme in der Umgegend von Neapel, so wie auch im Römischen Gebiete sind nämlich von neueren Constructionen wesentlich verschieden, insofern sie nicht im Zusammenhange erbaut sind, vielmehr aus einzelnen Pfeilern von gröfserer oder geringerer Länge bestehn, die durch freie Zwischenräume von verschiedener Weite von einander getrennt sind. Juliano Facio *) hat die Nachrichten hierüber gesammelt, auch die noch wahrnehmbaren Thatsachen zusammengestellt, und sich dahin ausgesprochen, dafs diese Anordnung der Hafendämme wesentliche Vortheile in Betreff der Erhaltung der Tiefe bietet. Das wichtigste Beispiel dieser Art ist der Hafen von Antium, der vor der ziemlich geraden Küste liegt, in der wahrscheinlich früher eine Einbucht statt fand, die gegenwärtig verlandet ist. Der Theil des Hafens, der in das offene Meer tritt, ist etwa 180 Ruthen lang und 80 Ruthen breit. Zwei Dämme umschlossen ihn, und bildeten zwei getrennte Eingänge. Aufserdem befinden sich im Innern noch zwei andre unregelmäfsige Dämme. Die Gesammtlänge von allen mifst etwa 400 Ruthen. In diesen Hafendämmen, die zum kleinsten Theile im vorigen Jahrhunderte erneut sind, grofsentheils aber in Trümmern liegen und nur an wenigen Stellen noch über das Wasser hervorragen, befinden sich eine Menge Oeffnungen, die etwa 18 Fufs weit und mit Bogen überspannt gewesen zu sein scheinen. Die dazwischen befindlichen Pfeiler haben dagegen die Länge von 100 bis 150 Fufs, und dürften in dem westlichen Damme noch gröfser gewesen sein. Die Breite der Dämme mifst etwa 30 Fufs. Aehnliche und, wie es scheint, verhältnifsmäfsig noch gröfsere Oeffnungen kommen auch in den Resten der Hafendämme von Puzzuoli, Misene und Nisita vor.

Gewifs ist die Frage wichtig, welchen Zweck diese Oeffnungen hatten. Sganzin macht darauf aufmerksam, dafs wenn der Wellenbrecher bei Cherbourg nach de Cessarts ursprünglichem Plane, also

---

*) Intorno al miglior sistema di costruzione de' Porti, Napoli 1828, und nuove osservazioni sopra i pregi de' porti degli antichi. Napoli 1832. — Auszüge der ersten Schrift und zwar mit Beifügung mehrerer Situationszeichnungen sind von Lemoyne in den Annales des ponts et chaussées 1832, 1837 und 1839 mitgetheilt.

ohne die weitere Verbindung der Kegel, die man nachträglich einführte, zur Ausführung gekommen wäre, man hier gleichfalls einen vielfach durchbrochenen Hafendamm dargestellt haben würde, ohne dafs es dem Verfasser des Projectes in den Sinn gekommen wäre, dadurch Verlandungen im dahinter belegenen Theile der Bucht zu verhindern. Gewifs liegt die Vermuthung sehr nahe, dafs, wie in diesem Falle die Construction einzelner Theile des Hafendammes leichter erschien, als die Darstellung desselben im Zusammenhange, so auch bei den alten Häfen dieselbe Rücksicht zu einem ähnlichen Verfahren geführt hat. Diese Ansicht gewinnt aber eine grofse Wahrscheinlichkeit, und man darf an ihrer Richtigkeit kaum noch zweifeln, wenn man darauf Rücksicht nimmt, dafs diese Hafendämme aufgemauert sind. Dafs Fangedämme im offenen Meere erbaut, und die grofsen hindurchdringenden Wassermassen in damaliger Zeit beseitigt sein sollten, ist gewifs nicht anzunehmen. Dagegen kannte man die Methode, Schiffe mittelst Steinladungen zu versenken, und wenn die Fahrzeuge zu diesem Zwecke besonders erbaut waren, und nicht nur mit Steinen vollgepackt, sondern ausgemauert wurden, so verwandelten sie sich in die auch noch üblichen Senkkasten oder Caissons.*) Diese liefsen sich aber in damaliger Zeit gewifs nicht dicht schliefsend neben einander aufstellen, vielmehr blieben freie Zwischenräume, die kaum geringer, als 18 Fufs weit sein konnten. In dieser Weise wären also die in Rede stehenden Oeffnungen nicht zur Erhaltung der Tiefe im Hafen angebracht, sondern sie entstanden, weil man sie nicht vermeiden konnte. Ueber Wasser wurden sie aber mit Bogen überspannt, damit der Hafendamm nicht unterbrochen würde.

Facio ist, wie erwähnt, andrer Ansicht. Er meint, der Zweck dieser Oeffnungen sei gewesen, die Küsten-Strömung in dem Hafen nicht zu unterbrechen. Nach allen sonstigen Erfahrungen würde indessen der Sand oder der Kies, der auf der Stromseite durch eben diese Oeffnungen in den Hafen dringt, von der sehr geringen Strömung in dem letzteren nicht weiter bewegt werden können und sonach in dem Hafen liegen bleiben. Es würde dieselbe, und wegen der gröfseren Verminderung der Geschwindigkeit noch eine stärkere Verflachung, wie etwa in der östlichen Mündung des Hafens von

*) Im ersten Theile dieses Handbuches § 48.

Cette sich bilden. In dieser Beziehung sind also die Oeffnungen gewifs mehr schädlich, als nützlich. Dagegen könnten die überall hindurchdringenden Wellen die Abstillung des Wassers, und mit ihr den Niederschlag der darin schwebenden feinen erdigen Theilchen wohl in etwas verhindern, und sonach liefse sich freilich ein gewisser Nutzen dieser Anordnung anerkennen, namentlich wenn die erdigen Theilchen durch einen einmündenden Flufs herbeigeführt werden und keine Versandung durch den Küstenstrom zu besorgen ist, insofern letzterer nur reines Wasser herbeiführt. Eine solche Bedingung wird aber nur an einer felsigen Meeresküste, die tiefes Wasser vor sich hat, erfüllt, und an solcher ist wohl niemals ein Hafendamm dieser Art ausgeführt. Der Hafendamm soll die Wellen abhalten, dieses ist vorzugsweise sein Zweck, derselbe wird aber durch die Oeffnungen wenigstens theilweise vereitelt. Indem an der äufsern Seite eines solchen Dammes jede Welle hoch ansteigt, so veranlafst sie im Innern des Hafens den entsprechenden Wellenschlag, ähnlich wie bei meinen Versuchen derselbe in der Wellenrinne erregt wurde. Sobald aber die Wellen den Hafendamm normal treffen, so werden auch Wellen im Innern neben allen Oeffnungen gleichzeitig erregt und können sonach eine sehr starke und für die Schiffe nachtheilige Bewegung veranlassen. Die beiden isolirten und in scharf gebrochenen Linien gezogenen Dämme im Innern des Hafens von Antium geben zu der Vermuthung Veranlassung, dafs die Wellenbewegung in der That zu stark war, und dafs man sich daher gezwungen sah, an einzelnen Stellen noch besonders gesicherte Liegeplätze der Schiffe darzustellen.

Nachdem die mechanischen Hülfsmittel, namentlich in Betreff des Transportes grofser Steinmassen in neuerer Zeit so wesentliche Verbesserungen erfahren haben, aufserdem auch die Taucherglocke Gelegenheit bietet, in bedeutenden Tiefen unter Wasser Maurer- und andre Arbeiten, wenn auch mit vermehrten Kosten, doch mit derselben Sicherheit auszuführen, wie über Wasser, wird gewifs das so eben erwähnte System der Hafendämme mit vielfachen und weiten Unterbrechungen nicht wieder aufgenommen werden. Es ist auch nicht bekannt geworden, dafs irgendwo die Ansichten von Facio Eingang oder auch nur eine ernstliche Berücksichtigung gefunden hätten. Nichts desto weniger sind dessen Mittheilungen und Unter-

suchungen von historischer Bedeutung, und verdienen in dieser Beziehung gewifs volle Anerkennung.

In Betreff der Anordnung der Hafendämme ist ferner die Frage wichtig, ob man denselben an ihren äufseren, dem Meere zugekehrten Seiten, sehr flache oder steile Böschungen geben soll. Dieser Gegenstand wurde bei Gelegenheit der Einrichtung des grofsartigen Sicherheitshafens vor Dover ausführlich erörtert. Viele und zum Theil sehr namhafte Sachverständige wurden darüber im Jahre 1845 vernommen, und die Aussagen derselben sind dem Berichte, welchen die Commission am 28. Januar 1846 dem Secretär des Schatzamtes erstattete, wörtlich beigefügt worden. Dieser Bericht ist später beiden Parlaments-Häusern vorgelegt, und bei der kurzen und übersichtlichen Fassung desselben in Betreff der in Rede stehenden Frage dürfte es sich empfehlen, diesen Theil des Berichtes in vollständiger Uebersetzung hier folgen zu lassen. Ueber die Art der Ausführung der Hafendämme vor Dover sagt die Commission:

„Die Ingenieure, deren Projecte uns vorliegen, sind verschiedener Ansicht über diese wichtigen Punkte, und wenn solche Männer abweichende Meinungen darüber äufsern, wie die Dämme angeordnet werden müssen, um der Kraft der Wellen den gröfsten Widerstand zu leisten, so können wir kaum ausdrücken, wie sehr wir die Verantwortlichkeit fühlen, die wir übernehmen, indem wir dem Befehle des Schatzamtes nachkommen, und uns entscheiden sollen, welches Project den Vorzug verdient.

Es wird zur Vereinfachung dieses Theiles unseres Berichtes dienen, wenn wir die wesentlichsten Punkte der Projecte kurz bezeichnen, und gleichzeitig mit den letzteren auch die Auslassungen der Ingenieure vorlegen, wodurch sie ihre Ansichten unterstützt haben.

In ähnlicher Weise werden wir auch die Ansichten derjenigen Männer mittheilen, bei denen wir Belehrung suchten über diesen Gegenstand, der theils von so grofsem und allgemeinem Interesse ist, theils aber auch in seiner wissenschaftlichen Behandlung und in der Beobachtung der Erscheinungen noch so Vieles wünschen läfst.

Die Ansichten derjenigen Ingenieure, welche Entwürfe vorgelegt haben, sind folgende:

Herr Walker schlägt vor, Mauern, die beinahe senkrecht sind, auf dem Meeresboden zu erbauen: er will sie aber bei Portland in Caissons ausführen und sie von dort nach Dover bugsiren lassen.

Herr Rendel giebt grundsätzlich den senkrechten Mauern den Vorzug, und da kein andres brauchbares Material zur Stelle ist, und er die Beischaffung desselben aus der Ferne für zu schwierig und sogar für unausführbar hält, so empfiehlt er die Anwendung von Mauerblöcken aus festen, mit Cementmörtel verbundenen Ziegeln.

Herr Harry Jones hält gleichfalls die senkrechte Mauer an sich für vortheilhafter, in seinem Projecte empfiehlt er aber mit Rücksicht auf Verminderung der Kosten einen flachen Hafendamm aus unbearbeiteten Kalksteinblöcken, der sich bis nahe zur Höhe des niedrigsten Wassers erhebt, und eine senkrechte Mauer trägt. In einem spätern Schreiben schlägt er jedoch die Anwendung von Béton-Blöcken vor, und will dieselben vom Meeresgrunde an in regelmäfsigen Schichten zu einer senkrechten Mauer verbinden.

Herr Denison ist für eine senkrechte Mauer, die er aus grofsen Béton-Blöcken bis 3 Fufs unter das niedrige Wasser hinaufführen, und darauf einen Oberbau aus Granit stellen will. Er wählt aber den Béton, weil er denselben für wohlfeiler, als Ziegel-Mauerwerk hält.

Herr George Rennie empfiehlt einen Damm aus Steinschüttung, ähnlich demjenigen bei Plymouth.

Herr John Rennie erklärt sich gleichfalls für die bei Plymouth gewählte Bauart, die Steine sollen aber von Portland oder von den Inseln im Canale beigeschafft werden.

Herr Cubitt hat in seinem Entwurfe einen Hafendamm mit flachen Böschungen gewählt, wozu die Steine wieder von Portland, oder von den Inseln im Canale entnommen werden sollen. Bei seiner mündlichen Vernehmung vor der Commission empfahl er aber, senkrechte Mauern in Caissons zu erbauen.*)

---

*) Bei der Vernehmung am 26. November 1845 erklärte Cubitt diesen Widerspruch, indem er sagte, er halte eine senkrechte Mauer in sofern für zweckmäfsiger, als dieselbe beim Wellenschlage weniger leide, als eine Steinböschung. Bei der Bearbeitung des Projectes habe er jedoch gefunden, dafs die Ausführung der ersten zu schwierig und zu gewagt sei, weshalb er sich für letztere entscheiden müsse.

Hierauf gingen wir, wie bereits angedeutet, zur Vernehmung der folgenden Personen über:

1. des königlichen Astronomen, Professor Airy,*)

2. des Professor Barlow,

3. des General-Majors J. Burgoyne, General-Inspectors der Festungen und früheren Vorsitzenden der Bau-Verwaltung in Irland,

4. des Directors der geologischen Aufnahmen, Henry de la Beche,

5. des bei den Liverpooler Docks angestellten Ingenieurs Hartley,

6. des General-Inspectors der Eisenbahnen, General-Major Pasley und

7. des Capitäns Vetch.

Diese Männer sprachen sich sämmtlich entweder aus theoretischen Gründen oder nach eignen Wahrnehmungen für nahe senkrechte Mauern aus.

8. Der berühmte Französische Ingenieur und Director der Cherbourger Bauten Reibell, vertheidigt den Grundsatz der senkrechten Mauern.

9. Der Ingenieur Brunel hat sich gleichfalls dafür ausgesprochen.

10. Der Ingenieur Bremner, der ausgedehnte Bauten an der Küste von Schottland ausgeführt hat, erklärt sich für senkrechte Mauern, dagegen

11. empfiehlt der Ingenieur Alan Stevenson in Edinburgh flache Böschungen.

Das Schatzamt wird ersehen, dafs, mit einer einzigen Ausnahme, alle diese Stimmen sich zu Gunsten der senkrechten Mauern ausgesprochen haben. Es gereicht uns zur grofsen Beruhigung, zu sehn, dafs unsere Ueberzeugung von denjenigen Männern getheilt wird, von deren Urtheil wir nicht abweichen durften, ohne gegen unsre eignen Ansichten mifstrauisch zu werden.

Man macht uns den Vorwurf, dafs die empfohlne Hafenmauer ein Experiment sei. Sie ist es ohne Zweifel, insofern bisher noch kein ähnliches Werk von dieser Gröfse ausgeführt ist. Die Hafendämme mit flachen Böschungen, aus Steinschüttungen bestehend, wa-

*) In § 2 und § 5 ist bereits erwähnt, dafs derselbe sich mit der Theorie der Wellen, wie auch mit Beobachtung der Wirkung derselben beschäftigt hat.

ren indessen einst gleichfalls Experimente, und noch dazu solche, die in zahlreichen Fällen denjenigen zur Warnung dienen müssen, welche über die Erbauung ähnlicher Werke entscheiden sollen.

Kein einziger Fall ist uns bekannt, in welchem man eine flache Böschung ausgeführt hätte, ohne die verheerendsten Wirkungen des Wellenschlages zu erfahren. Dieses beweist Plymouth und Cherbourg. Am letzten Orte wurde innerhalb vierzig Jahren der Damm dreimal über das Hochwasser erhöht, und eben so oft rifs die See den obern Theil wieder fort. Nachdem alle Anstrengungen, durch Wissenschaft und Erfahrung unterstützt, dennoch vergeblich waren, um dem Werke Haltbarkeit zu geben, so wurde für den Theil, der über Niedrigwasser vortritt, von dieser Bauart abgegangen, und es blieb keine andre Wahl, als eine senkrechte Mauer darzustellen. Die Zerstörungen, die am Wellenbrecher bei Plymouth vorgekommen sind, sind zu bekannt, als dafs sie noch hier erwähnt werden dürften.

Die beiden benannten Wellenbrecher liegen in tiefen Buchten, betrachtet man dagegen die Charte der Küsten bei Dover, so sieht man, wie wenig hier die Bucht zurücktritt, und wie ein Werk mit flacher Böschung durch Steinschüttung dargestellt, hier ein künstliches Felsriff bilden würde, dessen Brandungen sich bis in das Fahrwasser des Canales erstrecken müfsten. Einer der Ingenieure hat die Steinmasse, welche für den Hafendamm mit flacher Böschung erforderlich ist, auf 7 Millionen Tons (etwa 900000 Schachtruthen) berechnet.

Eine vor Kurzem von der Admiralität aus gemachte Mittheilung enthält eine lehrreiche Zusammenstellung über den gegenwärtigen Zustand derjenigen Häfen an den Küsten von Irland, wobei flache Böschungen zur Ausführung gekommen sind.

Die Aufsenseite des östlichen Hafendammes von Kingstown hat fortwährend bedeutende Instandsetzungen erfordert und ist auch gegenwärtig noch keineswegs gesichert.

Der Damm bei Ardglass, im Jahre 1829 von grofsen Steinblöcken mit flacher Böschung ausgeführt, liegt jetzt mit dem darauf erbauten Leuchtthurme als Ruine in der See.

Der Hafendamm bei Donaghadee, im Jahre 1820 gleichfalls von mächtigen Steinen und auf der Seeseite mit flacher Böschung

dargestellt, ist durch südwestliche Stürme in der Krone aufgerissen, und ein Theil des Materials liegt in der Mitte der Hafenmündung.

Der Damm bei Portrush, 1826 mit flacher Böschung aus grofsen Steinen erbaut, war 1844 so beschädigt, dafs der Ingenieur, der mit der Untersuchung beauftragt war, berichtete, 4000 Tons Steine seien vom äufsern Ende der Böschung des Kopfes fortgetrieben und bildeten ein gefährliches Felsriff von 70 Fufs Länge, das 3 Fufs über das niedrige Wasser vorragte.

Bei Dunmore wurde der Damm im Jahre 1815 gleichfalls aus grofsen Steinblöcken, jedoch nur mit einer Böschung von dreifacher Anlage erbaut, 1832 war derselbe so verfallen, dafs der Ingenieur erklärte, die See habe das Pflaster aufgebrochen und den Damm fast in seiner ganzen Länge zerrissen. Die Durchrisse erweiterten sich aber und näherten sich bei jedem Sturme dem Kopfe. Bei der Untersuchung 1845 ergab sich, dafs eine Masse grofser Steine aus der Böschung fortgetrieben war, und nunmehr ein Riff bildete, das von dem Kopfe des Dammes ausgehend, in schräger Richtung sich 112 Fufs weit quer über die Mündung des Hafens erstreckte und bei kleinem Wasser trocken lag.

Im Gegensatze zu diesen Thatsachen erwähnen wir, dafs nach derselben officiellen Mittheilung der Hafendamm bei Kilrush, der neben der Mündung des Shannon gegen das Atlantische Meer gekehrt ist, bei der Untersuchung im September 1845 in vollkommen gutem Zustande befunden wurde, und seine Unterhaltung seit der Erbauung noch keinen Schilling gekostet hatte.*) Derselbe stellt sich aber an der Seeseite als senkrechte Mauer dar.

Diese Thatsachen in Verbindung mit den wichtigen Erörterungen bei den mündlichen Vernehmungen veranlassen uns unbedingt zu empfehlen, dafs eine nahe senkrechte Mauer zur Umschliefsung des in der Dover-Bai anzulegenden Hafens gewählt werde."

In solcher Weise äufserte sich die Commission, und ihrer Ansicht wurde auch vollständig entsprochen, indem der vor Dover er-

*) Dieser Hafendamm aus dem schönen Kalksteine von Foyens aufgeführt, tritt bei einer Breite von 45 Fufs vor die Küste 360 Fufs vor. Die Tiefe vor seinem Kopfe beträgt bei Niedrigwasser 7 Fufs und bei Hochwasser 26 Fufs. Er wurde 1830 unter Leitung von Harry Jones erbaut.

baute Hafendamm vom Grunde des Meeres an sich sehr steil erhebt und seine Seitenflächen sowol an der äufsern, wie an der innern Seite auf 4 Fufs Höhe nur um 1 Fufs zurücktreten. Aus den jährlich erstatteten Berichten ergiebt sich aber, dafs er bisher noch keine irgend nennenswerthe Beschädigung erfahren hat. Die Ansicht, dafs flache Steinschüttungen an der offenen See ganz unhaltbar sind, hat gegenwärtig, wie es scheint, eben sowol in England, wie in Frankreich allgemein Eingang gefunden. Das im vorliegenden Falle gewählte Profil ist jedoch nicht das übliche, oder man wendet es nur neben und vor den Hafenköpfen an, um die unmittelbare Annäherung der Schiffe bei allen Wasserständen daselbst möglich zu machen. Gemeinhin wird auf einer Steinschüttung, die sich bis zum niedrigsten Wasser erhebt, in ähnlicher Weise, wie bei Cherbourg geschehn (Fig. 112), die Mauer gestellt. Dieses ist in Frankreich auf den neuen Hafendämmen von Marseille geschehn, und in gleicher Art hat man auch bei Cette dem fortwährenden Herüberschleudern der grofsen Steine Einhalt gethan. Die sehr grofsartigen Hafenanlagen in England bei Holyhead und Portland, von Rendel ausgeführt, sind in gleicher Weise umschlossen. Die Steinschüttungen, welche die Unterlage bilden, werden aber keineswegs besonders flach gehalten, vielmehr giebt man denselben, namentlich in Frankreich, sehr steile Böschungen, das heifst, man versenkt die Steine, soviel wie es geschehn kann, nur in der Richtung der Mittellinie und überläfst es den Wellen, die passende Dossirung selbst darzustellen. Damit jedoch diese Steine nicht fortwährend in Bewegung kommen, wodurch sie leicht, wie wirklich geschieht, längs dem Hafendamme getrieben werden, und endlich um seinen Kopf treten, so überdeckt man sie mit den riesigen Béton-Blöcken von gegen 400 Cubikfufs Inhalt, die zwar anfangs nur den obern Theil der Schüttung sichern, die aber, sobald die untern Lagen forttreiben, herabgleiten, und nunmehr auch diese überdecken.

Dafs die Unhaltbarkeit der flachen Dossirungen selbst aus sehr grofsen Steinen sich auch an unsern Ostsee-Häfen herausgestellt hat, ist bereits § 5 nachgewiesen, und besonders hat sich dieses an dem Hafen von Swinemünde gezeigt, wo auf der Binnenseite des Hafendammes durch die herübergeworfenen Steine ein vollständiges Banket sich ausgebildet hat, das ursprünglich hier nicht

existirte. Bedenklicher sind aber noch die Veränderungen, die neben dem Kopfe eintreten. Die an der äufsern Seite des Dammes gegen den Kopf getriebenen Steine haben nämlich hier eine ausgedehnte Bank gebildet, die über die innere Begrenzung des Dammes hinaus in den Hafen tritt. Nach besonders heftigen Stürmen sieht man eine grofse Anzahl von Steinen, von 10 Cubikfufs Inhalt und darüber, auf der Krone und den Dossirungen über Wasser liegen. Wie grofs die Zahl derjenigen ist, die in den Hafen gestürzt sind, läfst sich nicht ermitteln. Die Steine werden aber nicht nur vom untern Theile der Dossirung, wo sie ganz unregelmäfsig liegen, heraufgestofsen, sondern sie lösen sich auch aus den obern ziemlich ebenen Theilen, und selbst aus der Krone hebt der Druck des Wassers zuweilen einzelne heraus. Die Reparatur und Erhöhung der Steindecke ist eine immer wiederkehrende Arbeit, die sich in jedem Jahre wiederholt, und namentlich trennen sich und versinken immer die äufsersten der regelmäfsig versetzten Steine. Ein älterer Versuch, dieselben unter sich zu verklammern, führte zu keinem Resultate, auch das Verstreichen der Fugen mit Cement gewährt bei Stürmen keine Sicherung und am wenigsten für diejenigen Steine, welche unmittelbar an die rohe Schüttung unter Wasser sich anlehnen. In neuerer Zeit wird die seeseitige Dossirung mit grofsen gesprengten und ziemlich regelmäfsig geformten Granit-Blöcken von 20 bis 30 Cubikfufs Inhalt überdeckt. Ohne Zweifel leisten diese mehr Widerstand, aber es ist nicht zu verhindern, dafs sie unregelmäfsig sich senken, also mit der Zeit den Wellen wieder die Gelegenheit zu stärkerem Angriffe bieten. Verschiedene Versuche, die seeseitige Dossirung und die Krone aus kleineren Granitstücken in schnell bindendem Mörtel aufzumauern, sind zwar nur in sehr geringer Ausdehnung zur Anwendung gekommen, haben jedoch keine Beschädigungen bisher gezeigt. Wenn aber auf dem Cherbourger Damme, der dem starken Fluthwechsel und dem heftigsten Wellenschlage ausgesetzt ist, die Steinschüttung übermauert werden kann, die nur beim niedrigsten Wasser auf wenige Stunden sichtbar wird, so darf man gewifs nicht zweifeln, dafs dasselbe Verfahren auch an der Ostsee über Wasser ausführbar ist. Dabei bleibt indessen noch die Frage unentschieden, wie man die flache seeseitige Dossirung unter Wasser befesti-

gen und das Eintreiben der dort liegenden Steine in den Hafen verhindern soll. Eine Ueberdeckung mit grofsen Béton-Blöcken dürfte das einzige, wenn auch sehr kostbare Mittel sein, um diesen Zweck sicher zu erreichen. Bei Gelegenheit der Beschreibung der Constructionen wird hierauf näher eingegangen werden.

Damit die Hafendämme zur Zeit eines heftigen Seeganges noch ziemlich bequem betreten werden können, und nicht zu grofse Wassermassen von den davor ansteigenden Wellen sich lösen und auf den Damm herabstürzen, solche vielmehr nach der Seeseite zurückgeworfen werden, so geschieht es wohl zuweilen, dafs man die äufsere Fläche des Hafendammes nicht nur in die Vertikale übergehn, sondern im obern Theile sie sogar weiter vorspringen läfst. Wenn ein sehr heftiges Ueberspritzen dadurch auch keineswegs vermieden werden kann, so sind die im Schutze der Mauer stehenden Leute doch wenigstens gegen die Ueberschüttung durch zusammenhängende Wassermassen gesichert. Bei Dover hat man in dieser Weise die Brustmauer in ihrer äufsern Seite als Hohlkehle behandelt, deren oberer Theil mittelst Ueberkragung um 3 Fufs über die Kehle vortritt.

Zum sichern Betreten des Dammes ist es ferner erforderlich, dafs derselbe hinreichend hoch liegt, und auch die nöthige Breite in der Krone hat. In Frankreich pflegt man zu diesem Zwecke die Krone 7 bis 8 Fufs über das höchste Wasser zu legen, und ihr meist eine Breite von 25 Fufs zu geben. Letztere genügt indessen nicht, wenn es Absicht ist, den Schiffen von hier aus nicht nur Hülfe zu leisten, sondern sie an den Hafendämmen auch zum Theile zu befrachten oder zu löschen. In solchem Falle kommt auch die Anlage einer Eisenbahn auf den Hafendämmen in Betracht. In denjenigen Englischen Häfen, wo Personen-Züge sich an Dampfschiff-Verbindungen anschliefsen, und ein starker Verkehr sich gebildet hat, wie etwa bei Dover nach Calais oder bei Holyhead nach Kingstown, fährt der Eisenbahnzug bis auf den Hafendamm und hält neben dem Dampfboote, so dafs die Reisenden nur wenige Schritte zu gehn und nur die Treppen herabzusteigen brauchen.

Dafs die Dämme in allen Fällen, wo Schiffe an sie anlegen sollen, auf der innern Seite sehr steile Böschungen haben, aufserdem aber auch mit Reibehölzern, Schiffshaltern, und Rin-

gen zum Befestigen der Schiffe versehn sein müssen, so wie auch mit Krahnen, Treppen und dergleichen, bedarf kaum der Erwähnung. Soweit hierbei gewisse Eigenthümlichkeiten der Einrichtung eingeführt sind, sollen diese bei Beschreibung der Constructionen mitgetheilt werden.

Bisher war nur von den Hafendämmen im Allgemeinen die Rede, die eben sowol weite Bassinhäfen, als auch die langgestreckten Einfahrten umschliefsen. Ueber die ersteren bleibt nichts Besonderes zu erwähnen, wohl aber verdienen diejenigen Dämme, die in geringer Entfernung von einander und nahe parallel weit in die See hinaustreten, und ein langes schmales Fahrwasser als Hafenmündung darstellen, in mehrfacher Beziehung eine eingehende Erörterung.

Welche Breite man solchem Halse zu geben pflegt, ist bereits oben § 38 für mehrere Häfen nachgewiesen. In Französischen Häfen, wo nicht leicht die Schiffe an diese Hafendämme anlegen, vielmehr immer nur an denselben vorübergehn, ist es üblich, die Breite dadurch zu bestimmen, dafs drei solcher Schiffe, wie sie den Hafen zu besuchen pflegen, neben einander segeln können. In dieser Art wird sehr zweckmäfsig die Breite des Halses von der Gröfse der hindurchgehenden Schiffe abhängig gemacht.

Der Zweck dieser weit hinaustretenden Hafendämme ist augenscheinlich kein andrer, als dafs man durch sie die Hafenmündung in tieferes Wasser verlegen wollte, mit sehr wenigen Ausnahmen sind auch diese Dämme nur durch allmählige Verlängerung entstanden, und bei ihrer ersten Anlage war es keineswegs Absicht, sie so weit herauszuführen, wie nach und nach geschehn ist. Das Bedürfnifs hierzu trat aber ein, indem der Strand oder auch die Barre, die vor dem Strande liegt, der Verlängerung der Dämme entsprechend immer weiter vorrückte. Der innige Zusammenhang zwischen dieser Erscheinung und der Verlängerung der Hafendämme ist bereits ausführlich erörtert, und es giebt wohl keinen Hafenbaumeister, der dieselbe noch bezweifelte. Minard hat in einem besondern Abschnitte seines Buches*) nachgewiesen, wie bei den Fran-

*) Cours de Construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer. Chapitre XVII.

ischen Häfen nach jeder ausgeführten Verlängerung der Dämme ch die Untiefen vorrückten und immer vor die neuen Köpfe vorraten. Er erwähnt nur, dafs sich dieses für Calais nicht nachweisen lasse. Es ergiebt sich aber hieraus, wie vorsichtig man sein nufs, eine weitere Verlängerung in Vorschlag zu bringen, und man larf dabei nicht unbeachtet lassen, welche grofse Uebelstände für den Schiffsverkehr durch solche Verlängerung des Hafens herbeigeführt, oder imer fühlbarer gemacht werden, und wie sehr zugleich die Kosten für die Unterhaltung sich dadurch steigern.

Diese frei vortretenden Hafendämme sind ihrer Natur nach den Buhnen ähnlich, und man würde ganz gleiche Dämme erbauen, wenn es Absicht wäre, den Sand und Kies, den die Küstenströmung und die schräge auflaufenden Wellen herbeiführen, recht vollständig aufzufangen. Sie erfüllen diesen Zweck auch jedesmal, und das Fahrwasser hält sich nur offen in Folge der ein- oder austretenden Strömung. Diese verstärken sie aber, indem sie die Breite des Stromes beschränken und seine weite Ausdehnung verhindern. In dieser Weise pflegen sie in der ersten Zeit sich sehr nützlich zu erweisen. Liegt vor der Hafenmündung eine Untiefe, so verbreitet sich über diese der ausgehende Strom, oder er wird auch wohl durch den Wind und den Küstenstrom bald nach dieser und bald nach jener Richtung abgelenkt, er schwächt sich also so sehr, dafs er kein tiefes Fahrwasser ausbilden kann. Sobald man dagegen die Hafendämme bis auf die flachste Stelle der Untiefe und sogar über diese hinaus verlängert, so gewinnt der Strom, indem das Wasser nunmehr zusammengehalten wird, viel gröfsere Kraft und das gewünschte tiefe Fahrwasser stellt sich von selbst dar. Der erste Erfolg ist also sehr günstig, doch leider hat dieser keinen Bestand. Minard macht darauf aufmerksam, dafs diejenigen Französischen Häfen, die mit solcher langen Einfahrt (chenal) versehn sind, ursprünglich in einer Ufer-Bucht lagen, dafs letztere sich aber später anfüllte und nicht nur verschwand, sondern sogar der Strand davor so an Ausdehnung gewonnen hat, dafs derselbe nunmehr überall eine vorspringende Ecke bildet.

Obwohl Minard die grofsen Uebelstände dieses Systems vollständig anerkennt, und namentlich zugiebt, dafs die Anlage- und Unterhaltungs-Kosten dabei von der höchsten Bedeutung sind, auch

dafs die Tiefe sich um so schwieriger erhalten läfst, je weiter man die Mündung in die See hinausgerückt hat, so erwähnt er dennoch gewisse Vortheile, die man hierdurch erreicht. Der Vollständigkeit wegen mufs diese sehr abweichende Ansicht hier mitgetheilt werden. Eine solche, weit in die offene See hinaustretende Hafenmündung und zwar im Anschlusse an einen langen und schmalen Hals würde nach Minard's Ansicht sowol für ausgehende, als für einkommende Schiffe von Nutzen sein. Jene könnten nämlich selbst bei Winden, welche das Ufer treffen, von einem der Köpfe aus absegeln, und wenn sie zunächst auch dem Ufer stark zutreiben, so würde dieses nicht gefährlich für sie sein, weil sie auch hier noch tiefes Wasser finden und es ihnen daher leicht gelingt, sobald sie in voller Fahrt sind, einen Curs zu wählen, wobei sie sich vom Ufer hinreichend entfernt halten. Die einkommenden Schiffe brauchten dagegen, wenn sie beim Einsegeln durch den Strom versetzt werden, und sie sonach die Mündung nicht mehr sicher treffen, nicht auf den Strand zu laufen, sondern sie könnten auch zur Seite der Hafenmündung ohne Gefahr sich noch mehr dem Ufer nähern, und hier wenden und auflaviren und demnächst aufs Neue versuchen, in den Hafen einzukommen. Augenscheinlich spricht Minard von einer so weit vorgetriebenen Mündung, wie solche nirgend existirt, und es ist wohl auch niemals daran gedacht worden, in dieser Weise die Dämme in das offene Meer zu verlängern. In den Französischen und eben so auch in den Englischen Häfen, die mit langen Mündungen versehn sind, liegen die letzteren jedesmal ungefähr in der Grenze des niedrigen Wassers, und auch bei uns ist man nirgend über die Untiefen so weit hinausgegangen, dafs die Schiffe an den äufsern Seiten der Hafendämme hinreichende Tiefe finden, um sich hier dem Lande zu nähern. Wenn aber wirklich eine Mündung dieser Art künstlich dargestellt werden sollte, so ist kaum anzunehmen, dafs sie vor einer Küste, welche überhaupt Verlandungen ausgesetzt ist, sich lange erhalten würde. Die weit vortretenden Hafenköpfe würden den Küstenstrom so ablenken, dafs sich vielleicht vollständige Nehrungen daneben ausbildeten, und jedenfalls würden ausgedehnte Sandablagerungen zu beiden Seiten der neuen Mündung nicht fehlen.

Es entsteht nunmehr die wichtige Frage, wie diese Hafendämme

anzuordnen sind, damit theils das Fahrwasser möglichst wenig verflacht, theils aber auch die einkommenden Schiffe bald und vollständig gesichert werden. Man pflegt die Hafendämme so zu legen, dafs das unmittelbare Eintreiben des Sandes und Kieses, der durch Wellen und Küstenströmung längs dem Strande in Bewegung gesetzt wird, nicht besorgt werden darf. Indem dieser Zweck grofsentheils sich aber schon dadurch erreichen läfst, dafs man nur auf derjenigen Seite, die von der stärksten Küstenströmung und den herrschenden Winden getroffen wird, also auf der westlichen, einen hohen Hafendamm ausführt, auf der gegenüberliegenden dagegen den Damm so niedrig läfst, dafs er nur so eben den ausgehenden Strom bei Niedrigwasser, oder den Spülstrom zusammenhält, so hatte man in früherer Zeit diese Anordnung in mehreren Französischen Häfen wirklich getroffen. Es zeigten sich indessen dabei verschiedene Uebelstände. Sobald der Wind eine östliche Richtung annahm, wurde der Wellenschlag im Hafen überaus gefährlich, und zugleich traten alsdann auch sehr starke Verlandungen ein. Dazu kam noch, dafs bei dieser Richtung des Windes, der die Schiffe gegen den Damm trieb, auf welchem das Treideln allein möglich war, letzteres sich nur mit der gröfsten Mühe ausführen liefs. Endlich aber wiederholte sich sehr häufig der Fall, dafs die einkommenden Schiffe auf den niedrigen und zur Zeit des Hochwassers vollständig überflutheten Damm aufliefen, selbst wenn die Richtung desselben durch hohe und feste Baaken bezeichnet war. Aus diesen Gründen hat man sich mit Ausnahme einiger wenigen kleineren Häfen überall veranlafst gesehn, dem zweiten Damme gleichfalls die volle Höhe zu geben.

In manchen Häfen, wie zum Beispiel in Gravelines, bleiben sogar beide Dämme unter dem Hochwasser, und in früherer Zeit hielt man diese Anordnung für besonders vortheilhaft, weil man nur den Spülstrom, der immer zur Zeit des kleinsten Wassers dargestellt wird, zusammenhalten wollte, das Hochwasser sollte dagegen frei darübergehn, damit der Sand, der sich längs des Strandes bewegt, nicht aufgehalten würde, vielmehr unbehindert seine Bewegung fortsetzen könnte. Die Unhaltbarkeit dieser Ansicht ist indessen gegenwärtig allgemein anerkannt.

Die beiderseitigen Hafendämme, die gemeinhin nahe normal

gegen das Ufer gerichtet sind, haben meist nicht gleiche Länge, vielmehr tritt der eine mehr oder weniger gegen den andern vor. In der Regel giebt man demjenigen die gröfsere Länge, der sich auf derjenigen Seite befindet, von wo die heftigsten Winde das Ufer treffen. Er erleichtert alsdann das Einkommen der Schiffe bei starkem Seegange, indem das Schiff schon durch ihn gedeckt wird, während es den Kopf des andern Hafendammes passirt, gegen welchen es durch Wind und Wellen getrieben wird. Ist der Unterschied der Länge nicht gar zu geringe, so kann das Schiff in dem stilleren Wasser auch seinen Curs ändern und etwas mehr in den Wind halten, also die Mündung noch erreichen und von dem zweiten Kopfe frei bleiben, wenn es auch beim Ansegeln gegen denselben gerichtet gewesen wäre. Sollte die Richtung des stärksten Windes mit dem des herrschenden oder des gewöhnlichen Windes übereinstimmen, so würde die Verlängerung des demselben zugekehrten Dammes noch um so vortheilhafter sein, weil selbst in gewöhnlichen Fällen derselbe Vortheil einträte. Dazu kommt noch, dafs das ansegelnde Schiff von dem vorspringenden Hafenkopfe aus, falls der Wind nicht günstig wäre, leicht eingeschleppt werden kann, und eben so wird es auch beim Ausgehn von hier aus absegeln können, ohne auf den gegenüberliegenden Hafenkopf aufzulaufen.

Zuweilen haben besondere örtliche Verhältnisse zu einer Abweichung von dieser Regel Veranlassung gegeben. So ist bereits erwähnt worden, dafs nach der Zerstörung der beiderseitigen Dämme vor dem Cherbourger Handelshafen, nur der rechtseitige oder der östliche in seiner früheren Länge wieder hergestellt, und weiter, als der gegenüber liegende, herausgeführt wurde, wiewol hier die westlichen Winde nicht nur die herrschenden, sondern auch die heftigsten sind. Der Verkehr von Cherbourg ist indessen, wie Minard ausführt, überwiegend westwärts gerichtet, die Schiffe gehn also bei östlichen Winden aus, und deshalb mufste der östliche Damm auch in gröfserer Länge dargestellt werden. Das Einkommen der Schiffe durfte hier dagegen wegen der sehr geschützten Rhede weniger in Betracht gezogen werden.

Die vorstehend erwähnten Rücksichten beziehn sich allein auf das Ein- und Ausgehn der Schiffe, die Sicherung der Tiefe kommt indessen hierbei gleichfalls in Betracht. Sehr allgemein ist

die Ansicht vorherrschend, dafs auf der Seite, von wo der Küstenstrom den Hafen trifft und demselben den Sand und Kies zuführt, die längere Mole liegen müsse, um diesen möglichst vom Hafen abzuhalten. Von dieser Regel wird jedoch vielfach abgewichen. Bei Swinemünde ist in sehr auffallender Weise das Gegentheil geschehn, und eben so in Stolpmünde, namentlich als hier der westliche Hafendamm noch nicht verlängert war. Auch in Colbergermünde tritt der östliche Hafendamm bedeutend weiter vor, während in Rügenwaldermünde beide gleiche Länge haben.

Andrerseits hört man auch zuweilen die Ansicht aussprechen, dafs neben dem am weitesten vortretenden Kopfe und zwar an der von der Richtung der Küstenströmung abgekehrten Seite eine Ablagerung sich zu bilden pflege. Diese würde also, falls der Damm, welchen die Küstenströmung trifft, der längere wäre, in dem Fahrwasser liegen, also dieses sperren, oder doch beengen. Sie würde aber aufserhalb des Fahrwassers bleiben, wenn der hintere Damm verlängert wäre. Hierdurch wird die bei Swinemünde und sonst getroffene Anordnung unterstützt. Dagegen ist aber anzuführen, dafs diese Auffassung durch die Erfahrung nicht bestätigt wird, dafs solche Ablagerungen wohl im Hafen vorkommen, jedoch niemals aufserhalb desselben. Die Joachims-Fläche bei Swinemünde kann man als solche ansehn, und dieselbe hat auch in der That seit der Erbauung der Dämme sich bis an den Kopf der westlichen Mole ausgedehnt. Die weit vortretende östliche Mole hat diese Ablagerung aber nicht verhindert, an ihrem Kopfe ist dagegen eine ähnliche Ablagerung nicht zu bemerken. Bei Stolpmünde und Colbergermünde wiederholt sich dieselbe Erscheinung. Wenn dagegen, wie in allen diesen Beispielen, die Hafendämme nicht gerade Linien, vielmehr Bogen bilden, die sich in gleichem Sinne krümmen, so erfolgt an der concaven Seite eine Concentrirung der ausgehenden Strömung, und sobald diese entschieden eintritt, so wird der gegenüber befindliche Hafendamm, der die convexe Seite des Stromes bildet, grofsentheils entbehrlich. Hierdurch erklärt sich wohl am einfachsten die getroffene Anordnung, und diese Vermuthung bestätigt sich noch dadurch, dafs der Hafen Rügenwaldermünde, der zwischen den beiden letztgenannten liegt, sich von diesen nicht nur dadurch unterscheidet, dafs seine beiden Hafendämme gleich weit hinausge-

führt sind, sondern dafs auch jene Krümmung ihm vollständig abgeht.

Wenn die vorstehend angegebenen Gründe für die weitere Hinausführung des einen oder des andern Hafendammes keineswegs ganz unhaltbar sind, so darf man doch nicht unbeachtet lassen, dafs die beabsichtigte Zusammenhaltung und Verstärkung des Stromes schon an dem Kopfe des kürzeren Hafendammes aufhört, dafs also in dieser Beziehung die weitere Fortführung des andern nicht mehr den vollen Erfolg haben kann. Aus der Zeichnung des Swinemünder Hafens Fig. 101 ergiebt sich dieses sehr deutlich. Obwohl der Strom an der concaven Seite des östlichen Hafendammes sich unverkennbar concentrirt, und hier entschieden die gröfste Tiefe gebildet hat, so läfst sich doch aus den Vertiefungen vor dem westlichen Kopfe erkennen, dafs wenigstens zu Zeiten eine starke Strömung sich um diesen wenden mufs, die also für die Ausbildung des weiter seewärts belegenen Fahrwassers verloren wird. Was dagegen die Deckung der einsegelnden Schiffe durch den vortretenden Hafenkopf betrifft, so erfolgt diese nur, so lange der Wind jene Richtung hat, und im entgegensetzten Falle, wenn nämlich der vortretende Kopf auf der Lee-Seite liegt, also das Schiff durch den Wind gegen denselben getrieben wird, während es noch dem vollen Wellenschlage ausgesetzt ist, so ist die Gefahr bedeutend gröfser, als wenn beide Dämme gleich weit herausgeführt wären. Es dürfte sich daher im Allgemeinen wohl empfehlen, keinen der beiden Hafendämme über den andern hinaustreten zu lassen, und vielmehr die Köpfe beider einander gegenüber zu legen. In den Französischen Häfen ist dieses auch mit sehr unbedeutenden Abweichungen immer geschehn.

Endlich sind auch die Ansichten über die Richtung der Hafendämme oder des von ihnen eingeschlossenen engen Fahrwassers sehr verschieden. Im Allgemeinen empfiehlt es sich wohl nicht, einen solchen Hafen rechtwinklig gegen das Ufer in das offene Meer austreten zu lassen, weil der Wellenschlag am heftigsten zu sein pflegt, sobald ein starker Wind in dieser Richtung das Ufer trifft. Die Wellen würden alsdann unmittelbar und ungeschwächt einlaufen und zwischen den parallelen Dämmen, wenn diese auch gekrümmt sind, an ihrer Stärke wenig verlieren, so dafs sie sich in

voller Höhe bis in den Hafen fortsetzen. Es empfiehlt sich daher, wie bereits bei Gelegenheit der Richtung der Hafenmündung erwähnt ist, die Dämme neben den Köpfen etwas schräge gegen das Ufer zu legen und zwar so, dafs sie von der Richtung der stärksten Winde sich entfernen. Diese Rücksicht ist bei den benannten Häfen in Pommern stets beobachtet, sie neigen sich sämmtlich mehr oder weniger westlich, während die nordöstlichen Stürme die heftigsten sind.

Eine solche schräge Richtung gegen das Ufer kann man den Hafenmündungen theils dadurch geben, dafs man die Häfen selbst ihrer ganzen Länge nach in dieselbe gerade Linie legt, oder man kann sie auch krümmen, und dadurch der Mündung eine andre Richtung geben, als der Hafen hat. Letzteres ist das Gewöhnliche, die Bequemlichkeit der Schiffahrt fordert dabei indessen sanfte Uebergänge, und insofern man solche einführt, darf man keine merkliche Schwächung des Wellenschlages erwarten. Wie bereits § 33 erwähnt, setzen sich die Wellen an einem regelmäfsig gekrümmten concaven Ufer ungefähr eben so fort, als wenn sie einen geraden Schlauch verfolgen, und die gröfsere Tiefe, die sich hier zu bilden pflegt, verhindert noch in höherem Maafse ihre Abschwächung.

Der Umstand, dafs neben dem regelmäfsig gekrümmten concaven Ufer eine tiefe Rinne sich ausbildet, welche die Schiffe sicher verfolgen können, hat gleichfalls Veranlassung gegeben, die Krümmung der Hafendämme als besonders vortheilhaft anzusehn, und man pflegt noch darauf hinzuweisen, dafs in ganz geraden Häfen, wenn sie nicht übermäfsig schmal sind, bald auf der einen, und bald auf der andern Seite Ablagerungen sich bilden, welche beim Einlaufen umfahren werden müssen. Diese Erfahrungen sind allerdings unbestritten, aber man darf auch nicht unbeachtet lassen, dafs bei scharfer Krümmung vor den convexen Ufern sehr starke Ablagerungen sich bilden, die einen grofsen Theil des Hafens der Benutzung ganz entziehn. Der Swinemünder Hafen zeigt dieses, und wenn vollends, wie hier geschehn ist, neben dem concaven Ufer übermäfsige Tiefen sich ausbilden, deren die Schiffahrt gar nicht bedarf, so vermindert sich dadurch noch um so mehr die Breite des nutzbaren Fahrwassers, und letzteres würde weniger beengt worden sein, wenn die Krümmung schwächer geblieben wäre.

Bei dem Ausbau des Swinemünder Hafens konnte, was sehr selten der Fall ist, die Richtung der Hafendämme ganz beliebig gewählt werden, und dieser ursprüngliche Plan kam auch vollständig zur Ausführung. Der Erbauer desselben, der Geheime Oberbaurath Günther, hatte, bevor er sich für die gewählte Krümmung der Hafendämme entschied, über die Wirksamkeit derselben an einem Binnensee einen Versuch gemacht. Der Plauensche Canal, der die schiffbare Verbindung zwischen der Elbe oberhalb Tangermünde und der Havel darstellt, verlandete stets sehr stark bei seinem Eintritt in den Plauenschen See. Die Ausströmung aus dem Canale ist nicht bedeutend, und beschränkt sich meist auf die Wassermasse, die beim Durchschleusen der Schiffe abfliefst, nur nach anhaltendem und starkem Regen oder im Frühjahre, wenn der Wasserstand im Canale sich zu sehr erhebt, findet eine anhaltende Entlastung statt. Auf eine starke Strömung war also keineswegs zu rechnen. Diese Mündung in den See wurde nun versuchsweise mit einer Krümmung versehn, indem ein Packwerk zur Begrenzung des Stromes auf die concave Seite gelegt wurde. Der Erfolg war durchaus zufriedenstellend, denn neben diesem künstlichen Ufer entstand und erhielt sich ein hinreichend tiefes Fahrwasser, welches die Schiffe bequem durchfahren konnten.

Auf diese Erfahrung gestützt, wurde das Project zur Verbesserung des Swinemünder Hafens entworfen und ausgeführt, und es dürfte wenige Hafen-Anlagen geben, welche ähnliche Erfolge wie diese gehabt haben. Die Tiefe betrug beim Beginne des Baues beim mittleren Wasserstande nur 7 bis 7½ Fufs,*) sie hat sich aber bis auf mehr als 20 Fufs vergröfsert, und auch gegenwärtig, also 40 Jahre nach Beendigung, des Baues können bei ruhiger Witterung Schiffe mit 20 bis 21 Fufs Tiefgang einkommen. Seit jener Zeit ist aber weder die Verlängerung der Hafendämme, noch auch sonst irgend eine andre Anlage oder selbst die Benutzung des Baggers zur Erhaltung der Tiefe in oder vor der Mündung nöthig gewesen. Diesen grofsen Erfolg, der sich bald nach Erbauung der Molen einstellte, schreibt Günther vorzugsweise dem Umstande zu, dafs ohne

*) Geschichte der Verbesserung des Fahrwassers an der Mündung der Swine, von Günther. Bauausführungen des Preufsischen Staates. I. Band. Berlin 1830. Seite 81 ff.

Unterbrechung der ganze Bau in der kürzesten Zeit zur Ausführung gebracht wurde. Er ist der Ansicht, daſs wenn man hier, wie sonst zu geschehn pflegt, nach langen Zwischenzeiten einzelne Theile der Molen erbaut hätte, daſs alsdann der westliche Strand jedesmal in gleicher Weise vorgetreten, und die jetzt bestehende Bucht, welche der Küstenstrom unbedingt auch noch verfolgt, verschwunden sein würde, daſs aber in diesem Falle die Mündung eben so, wie die der andern Häfen gleichfalls sich verflacht hätte.

Wie zufriedenstellend dieses Resultat auch ist, und wie sehr es dem Bedürfnisse entspricht, so erregt doch die Bank in der Verlängerung der westlichen Mole erhebliches Bedenken, insofern dieselbe noch von Jahr zu Jahr weiter vorrückt. Die Zweifaden-Linie ist seit den letzten zwanzig Jahren durchschnittlich in jedem Jahre 7 Ruthen weiter in die See hinausgetreten, und diese Bewegung hat auch in der letzten Zeit keineswegs aufgehört. Ihr äuſserer Scheitel liegt jetzt gegen 200 Ruthen jenseits des am weitesten vortretenden, nämlich des östlichen Molenkopfes. Der neben dem letzteren ausmündende starke Strom begrenzt sie auf der östlichen Seite. Die Dreifaden-Linie läſst sich nicht in gleicher Weise verfolgen, weil dieselbe eine lange Reihe von Jahren hindurch nicht gemessen wurde, indem sie sich zu weit von dem Ufer entfernt hatte. Die in neuerer Zeit ausgeführten vollständigeren Messungen ergeben indessen, daſs sie in gleicher Weise immer weiter herausrückt.

Fragt man nach dem endlichen Erfolge dieser Sandablagerung, die sich stets weiter ausdehnt, so hat der Erbauer des Hafens allerdings schon eine Antwort darauf gegeben, indem er (Seite 111) die spätere Verlängerung der Molen andeutet. Er sagt aber:

„Man wird dann nicht immer die jetzige Richtung der Werke beibehalten, sondern in einiger Entfernung eine neue Serpentine, deren concaver Theil am westlichen Damme liegt, und deren Mündung mehr nach Nordnordost ausgeht, bilden müssen.“

Unzweifelhaft wird man, wenn das Bedürfniſs zur Verlängerung eintritt, die gegenwärtige Krümmung nicht weiter fortsetzen können, weil sonst die Mündung gar nicht mehr nach der See, sondern auf das Ufer gerichtet wäre, aber die erwähnte Aenderung der Krümmung bietet unüberwindliche Schwierigkeiten. Hat man bereits die Hafendämme einige hundert Ruthen weit über diesen Uebergangspunkt hinaus verlängert, alsdann kann man in dem letzteren

e Schiffe werden, inso-
Bei dem Ausbau des Swinemü on der Hafenmündung ent-
selten der Fall ist, die Richt ohne Gefahr machen können.
gewählt werden, und di die Molen verlängert werden, wo
ständig zur Ausführu llenschlage und nachdem sie so eben
Oberbaurath Günth sind, den Ueberschlag machen sollen.
mung der Hafen liche Tiefe nicht hat, wird der Uebergang
an einem Bin rlich, sondern sogar ganz unausführbar sein.
nal, der di die grofse Schiffahrt während der Bauzeit voll-
germünd hen werden.
seinem Verlängerung der Hafendämme in allen Fällen höchst
Can ist, so dürfte man bei Swinemünde an dieses letzte Aus-
se gar nicht denken dürfen. Glücklicher Weise läfst sich
r andrer Art das Fahrwasser vor der Hafenmündung wesent-
sichern, nämlich theils durch Deckung und Befestigung des west-
lichen Strandes, der bisher durch seinen fortgesetzten Abbruch im-
mer neue Sandmassen dem Küstenstrome, und durch diesen dem Hafen zuführte, theils aber auch durch Verstärkung des Stromes in der Mündung. Diese ist aber eben sowol durch Eröffnung einer directen Verbindung des Hafens mit dem Frischen Haffe, als auch durch Verengung der Mündung möglich, indem der westliche Damm parallel zum östlichen weiter fortgeführt und mit einem Flügel versehn wird, der sich dem Kopfe des letzteren etwa bis auf 30 Ruthen nähert. Man würde dadurch zugleich ein weites Bassin unmittelbar neben der Mündung gewinnen, das man durch Baggern vertiefen und zum Liegeplatz von Schiffen einrichten könnte.

Wenn beim Bau des Swinemünder Hafens die Frage entstand, ob man die Mündung nach der westlichen Seite oder nach der östlichen richten sollte, so mufste schon nach dem Laufe der Swine oberhalb der Molen die erste Alternative gewählt werden, und man erreichte dabei noch den Vortheil, dafs die Mündung nicht den stärksten Stürmen zugekehrt, also der Hafen gegen Wellenschlag gesichert wurde. In noch höherem Grade dürften bei allen Häfen, deren Dämme nach und nach verlängert sind, die bestehenden Mündungen ihre Richtungen weniger einem vorher aufgestellten Plane, als vielmehr den zufälligen Local-Verhältnissen zur Zeit der jedesmaligen Verlängerung verdanken. Nichts desto weniger mögen noch die verschiedenen Ansichten darüber mitgetheilt werden,

...ite man die **Hafenmündung krümmen**

...rümmung so zu legen, dafs der austre-
...trome nicht entgegengekehrt ist, sondern
...selben anschliefst. In diesem Falle würde
...ämm, der die concave Seite des Hafens bil-
...ortreten und zugleich den letzteren vor dem hin-
...terial schützen. Sollte aber auf der Binnenseite die-
...sich dennoch eine Ablagerung bilden, so würde der
...Strom, der sich hier concentrirt, diese leicht beseitigen.
...er Grund, den er dafür angiebt, dafs nämlich bei dieser
...nung der Hafen auch gegen das Eintreten der stärksten Wel-
...gesichert werde, ist zwar für die Häfen am Canale, aber nicht
...ür diejenigen an dem südlichen Ufer der Ostsee zutreffend.

Wenn man indessen auch von dem letzten Grunde absieht, der in der Regel wohl der entscheidende sein dürfte, so möchte sich dennoch fragen, ob die Ablagerungen vor der Mündung, welche das Fahrwasser nach der offenen See bedrohen, sich nicht ungünstiger gestalten, wenn die Mündung in die Richtung des Küstenstromes, als wenn sie gegen diese gewendet ist. Vor dem Damme, der von dem letzteren getroffen wird, sind Ablagerungen ähnlich denjenigen zu erwarten, welche vor die westliche Mole von Swinemünde vortreten, und man sollte meinen, dafs diese sich viel vollständiger ausbilden können, wenn sie in die Richtung des Küstenstromes treffen, also von demselben weniger angegriffen werden.

Es kommt hierbei wieder die **Aehnlichkeit** zwischen einem Hafendamme und einer **Buhne** in Betracht, und insofern die letztere gewöhnlich eine stärkere Verlandung veranlafst, wenn sie inclinant, als wenn sie declinant ist, so möchte die Ansicht von Minard hierin eine neue Bestätigung finden.

In dieser Weise sprach sich auch Rendel aus, als er bei Gelegenheit der bereits erwähnten commissarischen Untersuchung über den bei Dover anzulegenden Sicherheitshafen aufgefordert wurde, sich über die zu erwartenden Verlandungen zu äufsern. Er antwortete nämlich auf die Frage (No. 329), wie es sich mit der Verflachung im Hafen bei Ramsgate verhalte:

„Ich kann mir keinen vollkommneren Schlammfang denken, als den Ramsgater Hafen, denn dort haben sie jetzt an den Kopf

des einen Dammes einen Flügel angebaut, um jedes Sandkörnchen aufzufangen, was dieser, indem er weit in den Strom hineintritt, irgend erreichen kann."

Durch den erwähnten Flügel wird die Hafenmündung dem Strome entgegengekehrt, und sonach würde derselbe Vorwurf alle Häfen treffen, deren Mündungen dieselbe Richtung haben. Nichts desto weniger sind die Verhältnisse vor einem Hafen doch wesentlich verschieden von denen vor einer geschlossenen Küste, denn wenn die See steigt, so wird der Sand eben sowol hinter einem declinanten, wie hinter einem inclinanten Damme zugleich mit dem Wasser in den Hafen hineintreiben, und selbst die Vorstellung, dafs ein vortretendes Werk, vor dem das Wasser vorbeiströmt, allen Sand auffangen soll, der neben dem Ufer treibt, entspricht wenig der wirklichen Erscheinung.

Die bei Swinemünde erfolgten Sandablagerungen bestätigen keineswegs Rendel's Ansicht. Die östliche Mole tritt in viel gröfserer Ausdehnung dem Küstenstrome entgegen, als jener Flügel vor dem Ramsgater Hafen, aber sie fängt keineswegs allen ihr entgegentreibenden Sand auf, vielmehr hat derselbe ihr gegenüber eine Bank gebildet, die sogar weit über sie hinausreicht. Die Wirkung der ausgehenden Strömung stellt sich also ganz überwiegend heraus, und sobald letztere so kräftig und so lange anhaltend, wie bei Swinemünde erfolgt, so darf man die Hafendämme nicht mehr nach den Erfolgen der Buhnen beurtheilen.

Minard macht noch auf einen Umstand aufmerksam, der die Unhaltbarkeit dieses Vergleiches in andrer Beziehung darthut. Vor dem Kopfe einer Buhne, die in einen oberländischen Strom hineintritt, bildet sich nämlich eine grofse Tiefe, aber nie geschieht dieses vor dem Kopfe eines Hafendammes. Die letzte Angabe ist zwar in den meisten Fällen, aber doch nicht jedesmal richtig. Sie widerlegt sich schon durch die gröfseren Tiefen, die man vor dem westlichen Hafendamme bei Swinemünde bemerkt. Auch bei Stolpmünde bildete sich im Jahre 1857, als die Mündung sich beinahe ganz mit Kies angefüllt hatte, eine schmale Rinne von mehr als 18 Fufs Tiefe, die vor den Hafenköpfen parallel zum Strande sich hinzog. In diesem Falle war aber die Ausströmung lange Zeit hindurch, wenn auch nicht ganz unterbrochen, doch übermäfsig geschwächt gewesen, und dadurch die Verhältnisse denen einer vortretenden

ıe ähnlich geworden. Selbst jene Vertiefung bei Swinemünde
sich dadurch erklären, dafs zur Seite des westlichen Kopfes
ausgehende Strom immer nur sehr schwach ist. Im Allgemei-
darf man aber bei Buhnen oder Einbauen am Ufer des Mee-
ıicht so starke Vertiefungen, wie vor Stromufern erwarten, weil
bedeutendste Veranlassung zu solchen, nämlich die Beschrän-
; des Profiles hier meist gar nicht in Betracht kommen kann.
wenn ausgedehnte Sandbänke davor liegen, welche eine Spal-
des Küstenstromes bewirken, kann eine solche Beschränkung
em nächstliegenden Arme eintreten, und dieses ist wohl der
ge Fall, in welchem vor dem Kopfe des Hafendammes Vertie-
entsteht.

Ende des zweiten Bandes.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Stallschreiberstr. 47







